

УДК 551.465

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА И ОБИЛИЯ ФАУНЫ ПРИБРЕЖНЫХ ЛЬДОВ ПРОЛИВА ВЕЛИКАЯ САЛМА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Е.Г. Колосова, Л.С. Житина, Л.В. Ильяш, И.А. Мельников

Видовой состав и обилие ледовой и планктонной фауны оценивали на четырех станциях в проливе Великая Салма Кандалакшского залива Белого моря с января до конца апреля 1997 г. Во льду найдено 22, а в планктоне – 19 видов фауны. Видовой состав фауны льда и планктона достоверно не отличался. Суммарная численность представителей фауны (N) во льду возрастала от $3,3 \pm 1,8$ тыс. экз./м² (январь) до $18,0 \pm 18,7$ тыс. экз./м² (конец апреля). Наибольший вклад в N криофауны в январе–марте давали науплии копепод и гарпактикоиды, а в апреле – нематоды. Суммарная биомасса криофауны (B) возрастала от $0,07 \pm 0,02$ мг С/м² (январь) до $3,62 \pm 2,50$ мг С/м² (середина апреля), а в конце апреля при таянии льда снизилась до $2,24 \pm 2,25$ мг С/м². В январе–марте наибольший вклад в B вносили копеподы и личинки полихет, а в апреле – нематоды. В верхнем слое льда число видов, а также величины N и B были меньше, чем в нижнем слое. В подледной воде на границе лед–вода N и B возрастали от 2,7 тыс. экз./м³ и 0,4 мг С/м³ (январь) до 21,5 тыс. экз./м³ и 8,1 мг С/м³ (середина апреля). В столбе воды N и B возрастали от 0,05 тыс. экз./м³ и 0,06 мг С/м³ в январе до 1,1 тыс. экз./м³ и 0,74 мг С/м³ в середине апреля. Наибольший вклад в N давали копеподиты, а в B – копеподы.

Ключевые слова: ледовая фауна, прибрежные льды, сезонная динамика, Белое море.

Наблюдаемое в последние десятилетия потепление Арктики ведет к уменьшению общей площади и толщины ледового покрова при увеличении доли однолетних льдов (Polyakov et al., 2010). По существующим прогнозам этот процесс продолжится и далее (Walsh, 2008), что может привести к изменению состава и обилия ледовой биоты. Фауна льдов представлена разнообразными простейшими и мелкими беспозвоночными (мейофауна, как правило, менее 1 мм) (Gradinger et al., 1991, 1999, 2005; Sime- Ngando et al., 1997; Nozais et al., 2001; Shünemann, Werner, 2005; Marquardt et al., 2011).

В Белом море ледовый покров существует в течение 4–5 месяцев, начиная с середины декабря до конца апреля–начала мая. Сведения о фауне льдов Белого моря до настоящего времени немногочисленны и ограничены исследованиями в устьевой зоне Северной Двины в марте (Сажин и др., 2011) и в губе Чупа Кандалакшского залива в апреле (Сажин и др., 2004). Ряд работ был посвящен изучению ледовых нематод, при этом остальная ледовая фауна не рассматривалась (Чесунов, Портнова, 2005; Чесунов, 2006). Для видового состава и обилия ледовой фауны характерна значительная пространственно-временная вариабельность (Сажин и др., 2011, 2012; Kern, Carey, 1983; Gradinger et al., 1991; 2005; Nozais et al., 2001),

что определяет необходимость изучения ледовых сообществ в течение длительного периода и в разных районах моря.

В настоящей работе представлены сведения о динамике видового состава и обилия фауны прибрежных льдов в проливе Великая Салма Белого моря с января по апрель.

Материалы и методы

Пробы отбирали с января по апрель 1997 г. в проливе Великая Салма у Беломорской биологической станции МГУ на трех станциях, расположенных на расстоянии 10, 30 и 50 м от берега. Глубина на станциях на приливе составляла 2, 5 и 10 м. Еще одна станция находилась у мыса Киндо примерно в 5 км от разреза (глубина 5 м).

Отбор проб льда проводили кольцевым буром с диаметром 18 см. Сразу после отбора в кернах измеряли температуру, помещая термометр в небольшие отверстия, просверленные с интервалом 10 см. Каждый керн делили на две равные части, которые помещали в отдельные пластиковые емкости и растапливали при комнатной температуре. В талой воде измеряли соленость солемером «Deckman SoluBridge» (RB-5-349A). Растопленные пробы фиксировали 2%-м формалином и концентрировали методом обратной

фильтрации. Пробы подледной воды отбирали 10-литровым батометром, фиксировали 4%-м формалином и концентрировали методом обратной фильтрации. Сетные пробы собирали от дна до поверхности на станции, находившейся в 30 м от берега, большой сетью Джели с площадью входного отверстия 0,1 м² и ячейей фильтрующего конуса 180 мкм. Материал фиксировали 4%-м формалином.

Все пробы totalmente просчитывали под бинокулярной лупой. Большинство организмов определяли до вида, у копепод учитывали стадии развития. У всех организмов измеряли длину тела. Расчет сырой биомассы проводили по формуле (Виноградов, Шушкина, 1987) или использовали литературные данные по индивидуальному весу организма (Перцова, 1970). Для пересчета сырой биомассы в органический углерод использовали коэффициент 0,064 (Виноградов, Шушкина, 1987). Биомассу нематод в единицах органического углерода принимали как 40% от сухого веса, который, в свою очередь, составляет 22,5% от сырого веса (Чесунов, 2006).

Сходство видового состава фаун разных биотопов (S) рассчитывали с помощью индекса Шимкевича–Симпсона (Песенко, 1982).

Численность водорослей в ледовых и планктонных пробах определяли методом прямого счета в камере Ножотта (объем 0,06 мл, число просчитанных камер не менее 5). Линейные размеры клеток водорослей измеряли окуляр-микрометром, объемы клеток рассчитывали методом геометрического подобия (Hillebrand

et al., 1999). Величину биомассы в единицах углерода рассчитывали по аллометрическим уравнениям в зависимости от объема клеток (Menden-Deuer, Lessard, 2000).

Результаты

Краткая характеристика ледового биотопа.

Ледовый покров начал формироваться в декабре, толщина льда увеличивалась с января по март (табл. 1). В апреле началось таяние льда, и его толщина уменьшилась. В январе–феврале нарастание льда шло снизу из морской воды, в марте–апреле формирование льда шло как снизу, из-за замерзания морской воды, так и сверху – в результате метаморфизма пропитанного морской водой снега. Снежный покров в среднем достигал в январе, феврале, марте и апреле соответственно 15, 20, 25 и 20 см. Температура льда изменялась в интервале от (–2,8)–(–3,5)°C в январе до (–2,7)–(+1)°C в марте.

Видовой состав фауны. С января по апрель непосредственно во льду были найдены 22 таксономические единицы фауны; в подледной воде обнаружены 12 таксонов, в столбе воды от дна до поверхности – 19 таксонов (табл. 2). Характерной особенностью ледовой фауны является присутствие нематод, которые в планктоне не встречаются. Только во льду были отмечены также коловратки, они встречались на всех станциях.

Только в планктоне найдены *Tintinnopsis parvula*, *Obelia longissima*, *Aglantha digitale*, *Calanus glacialis*,

Т а б л и ц а 1

Средние значения (по четырем станциям) толщины льда (h), суммарных численности (N) и биомассы (B) фауны, биомассы криофлоры (B_{фито}) в толще льда и коэффициент вариации толщины льда (CV_h), численности (CV_N) и биомассы (CV_B) криофауны, биомассы криофлоры (CV_{фито})

Показатель	Дата				
	21.01	7.02	17.03	13.04	21.04
h, см	30	34	43	54	51
CV _h , %	28	25	38	36	44
N, тыс. экз/м ²	3,34	6,36	3,67	8,63	18,15
CV _N , %	83	71	91	57	102
B, мг С/м ²	0,07	0,21	0,81	3,62	2,24
CV _B , %	25	74	79	69	100
B _{фито} , мг С/м ²	0,07	0,78	1,79	1,68	4,10
CV _{фито} , %	88	84	69	50	61

Т а б л и ц а 2

Присутствие (+) или отсутствие (-) представителей фауны в верхнем (числитель) и нижнем (знаменатель) слоях льда в дни наблюдений, а также в подледном слое воды (ПС) и в столбе воды (СВ) за весь период наблюдений

Таксон	Лед					Вода	
	19.01	07.02	17.03	13.04	21.04	ПС	СВ
Tintinnida							
<i>Tintinnopsis beroidea</i> Stein, 1867	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	+	-
<i>T. fimbriata</i> Meunier, 1919	-/+	-/-	-/-	-/-	-/-	+	-
<i>T. parvula</i> Jörgensen, 1912	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+	-
<i>Parafavella denticulata</i> (Ehrenberg, 1840)	-/-	+/+	-/-	-/+	+/-	+	+
Hydrozoa							
<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-	+
<i>Aglantha digitale</i> (Müller, 1766)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-	+
Eurotatoria							
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	-/+	-/-	-/-	-/-	-/+	-	-
<i>K. quadrata quadrata</i> (Müller, 1786)	-/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-	-
<i>Synchaeta hyperborea</i> Smirnov, 1932	-/-	-/-	-/+	+/+	+/+	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	-/-	-/-	-/-	-/+	-/-	-	-
<i>Trichocerca marina</i> (Daday, 1891)	-/-	-/-	-/-	-/+	-/+	-	-
Nematoda	-/+	-/+	-/+	+/+	+/+	-	-
Polychaeta larvae	-/-	-/-	-/+	-/+	-/+	-	+
Copepoda							
<i>Calanus glacialis</i> Jaschnov, 1955	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-	+
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Kröyer, 1848)	+/-	-/-	-/+	+/+	+/-	+	+
<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	-	+
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	+/+	-/+	+/-	+/+	-/+	+	+
<i>Oncaea borealis</i> Sars, 1918	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+	+
<i>Tisbe furcata</i> (Baird, 1837)	-/+	-/+	-/+	+/+	+/+	+	+
<i>T. minor</i> (T. et A. Scott, 1896)	-/-	-/-	+/+	-/-	-/-	-	+
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1864)	-/+	-/+	+/+	+/+	+/+	+	+
Nauplii Copepoda	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+	+
Nauplii Cirripedia	-/-	-/-	-/-	-/+	-/-	-	+
Gastropoda							
<i>Limacina helicina</i> (Phipps, 1774)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-	+
<i>Clione limacina</i> (Phipps, 1774)	-/-	-/-	-/-	-/+	-/-	-	+
Gastropoda larvae	-/+	-/+	-/+	-/-	-/+	+	+
Chaetognatha							
<i>Parasagitta elegans</i> (Verrill, 1873)	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-	+
Ova varia	-/-	-/-	-/-	+/-	+/-	+	+
Всего таксонов	3/11	2/8	5/11	9/15	11/12	12	19

Limacina helicina и *Parasagitta elegans*. Наименьшее видовое богатство ледовой фауны отмечено в феврале, наибольшее – в апреле. В течение всего периода наблюдений число таксонов в нижнем слое льда было больше, чем в верхнем.

Сходство видового состава ледовой фауны (S) между парами станций изменялось в пределах 0,5–1 (январь); 0,7–0,9 (март); 0,7–1 (апрель). Сходство состава ледовой фауны с фауной подледного слоя (S = 0,92) было выше, чем с фауной всего столба воды (S = 0,73). В целом, состав фауны разных биотопов достоверно не различался.

Численность фауны. Численность (N) организмов, обитавших во всей толще льда, варьировала как между станциями, так и по сезону (табл. 1). Наименьшее значение N отмечалось на ближайшей к берегу станции в течение всего периода наблюдений, в январе оно составило 0,17 тыс. экз./м². Наибольшее значение N зафиксировано в середине апреля в 30 м от берега (45,7 тыс. экз./м²). В течение всего периода наблюдений численность организмов в нижнем слое льда было больше таковой в верхнем слое. Исключение составила станция, находящаяся в 50 м от берега, где в апреле в верхнем слое присутствовало много нематод, и значение N оказалось выше такового в нижнем слое.

Наибольший вклад в численность криофауны в январе–марте давали гарпактикоиды и науплии копепода, а в апреле – нематоды (до 92%).

В столбе воды N возрастала от 0,05 тыс. экз./м³ (январь) до 1,1 тыс. экз./м³ (апрель). По-видимому, основная масса фауны была сконцентрирована в подледном слое, где значение N было выше (2,7–21,5 тыс. экз./м³), чем во всем столбе воды. В планктоне преобладали копеподиты *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus* и *Oncaea borealis*.

Биомасса фауны. Биомасса (B) ледовой фауны возрастала до середины апреля (табл. 1). Наибольшая B зафиксирована в середине апреля в 30 м от берега (8,3 мг C/м²). В январе–марте наибольший вклад в B давали копеподы и личинки полихет, а в апреле – нематоды. В верхнем слое льда B была меньше, чем в нижнем, аналогично распределению N.

В подледном слое воды B изменялась от 0,4 до 8,1 мг C/м³. В столбе воды средняя B изменялась от 0,06 до 0,74 мг C/м³, наибольший вклад в B вносили копеподы.

Биомасса криофлоры. Средняя интегральная биомасса водорослей во льду с января по апрель возрастала (табл. 1), преобладали диатомовые водорос-

ли. Большая часть наблюдений (42%) показала, что во льду биомасса животных была меньше биомассы водорослей, в 21% наблюдений величины биомассы животных и водорослей были близки, и в 37% наблюдений обилие животных было выше, чем водорослей.

Обсуждение

В прибрежных льдах пролива Великая Салма отмечена довольно разнообразная фауна, в которую входят как простейшие (тинтинниды), так и представители мейофауны (нематоды, копеподы и их науплии, личинки полихет и гастропод). В прибрежных льдах губы Чупа Кандалакшского залива в апреле видовое богатство простейших было выше – обнаружены зоофлагелляты *Telonema* sp., *T. subtilis* и 17 видов инфузорий (Сажин и др., 2004; Sazhin, 2004).

Состав ледовой мейофауны был сходен с таковым в других арктических и субарктических районах (Kern, Carey, 1983; Carey, 1985; Gradinger et al., 1991; Friedrich, 1997; Nozais et al., 2001). Нижний слой льда пронизан системой капилляров с диаметром от 5 мкм до 1 мм и высотой до нескольких сантиметров, а также каналами стока, диаметр и высота которых больше, чем у капилляров (Мельников, 1989; Weissenberger et al., 1992; Krembs et al., 2000). Нарастание льда на его нижней поверхности может вести к неселективному включению в лед организмов подледного планктона (Мельников, 1989). Активная колонизация льда возможна только теми животными, поперечное сечение тела которых не превышает размеров свободного пространства во льду. Поперечное сечение тела всех обнаруженных во льду животных не превышало возможный диаметр капилляров и каналов. Во льду не отмечены присутствовавшие в планктоне относительно крупные организмы – медузы *Obelia longissima*, *Aglantha digitale*, копепода *Calanus glacialis*, хетогната *Parasagitta elegans*, птеропода *Limacina helicina*. Регистрации *Calanus glacialis* и *Limacina helicina* во льдах других районов Арктики может быть результатом их включения при нарастании льда (Hsiao et al., 1984; Werner, Arbizu, 1999). Анализ опубликованных данных по составу арктической криофауны показал, что такие представители фауны, как *Tintinnopsis beroidea*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata quadrata*, *Euchlanis dilatata*, *Trichocerca marina* и *Tisbe minor* в ледовом биотопе идентифицированы впервые.

Одной из особенностей состава фауны прибрежных льдов является присутствие нематод, что отмечалось ранее как в Белом море (Сажин и др., 2004,

2011, 2012; Чесунов, 2006), так и в других районах Арктики (Carey, 1985; Grainger et al., 1985; Nozais et al., 2001; Shünemann, Werner, 2005). В настоящей работе видовую принадлежность нематод не определяли. Во льдах Белого моря обитают *Cryonema crassum*, *C. tenue*, *Theristus melnikovi* и *Hieminema obliquorum* (Tchesunov, Riemann, 1995; Чесунов, Портнова, 2005; Чесунов, 2006).

Следует подчеркнуть, что встреченные во льду коловратки *Keratella cochlearis*, *K. quadrata quadrata* и *Euchlanis dilatata* являются эвригаллиными видами, встречающимися не только в пресных, но и в солоноватоводных и в морских водах (O Reilli, 2001). В Белом море эти коловратки неоднократно регистрируются в планктоне (Прыгункова, 1974). *Synchaeta hyperborea* является одним из самых распространенных видов коловраток во льдах морей Баренцева, Лаптевых и Гренландского (Friedrich, De Smet, 2000). Представители фауны встречены во всей толще льда при более высоком видовом богатстве в нижнем слое. Присутствие довольно разнообразной фауны в верхнем слое льда согласуется с результатами предыдущих исследований в Белом море (Сажин и др., 2004, 2011) и в других арктических районах (Friedrich, 1997; Gradinger et al., 1999; Shünemann, Werner, 2005). Однако отмечены случаи присутствия фауны только в нижних слоях льда (Nozais et al., 2001; Shünemann, Werner, 2005).

Обилие животных во льду пролива Великая Салма в течение ледового сезона возрастало, что показано и для других районов Арктики (Kern, Carey, 1983; Grainger et al., 1985; Nozais et al., 2001). Полагают, что это обусловлено продолжающейся колонизацией льда организмами из планктона и бентоса, а также размножением ряда форм во льду (Kern, Carey, 1983).

Полученные оценки обилия криофауны могут быть заниженными, поскольку отбор проб льда с помощью бура ведет к недоучету организмов, обитающих на нижней поверхности льда (Nozais et al., 2001), а таяние проб льда без добавления морской воды обуславливает потерю ряда организмов (например, турбеллярий) в результате осмотического стресса (Garrison, Buck, 1986). Тем не менее, численность фауны в прибрежных беломорских льдах в конце ледового сезона (апрель) соответствует численности фауны прибрежных льдов в других районах Арктики в весенний и летний периоды (Kern, Carey, 1983; Grainger et al., 1985; Nozais et al., 2001) и выше численности фауны в многолетних льдах (Nozais et al., 2001; Gradinger et

al., 2005). В ряде арктических районов отмечена более высокая численность криофауны (Grainger et al., 1985; Gradinger et al., 1992; Shünemann, Werner, 2005; Marquardt et al., 2011), чем в проливе Великая Салма.

Биомасса криофауны в проливе Великая Салма в апреле соответствовала таковой в губе Чупа в апреле 2002 г. ($2,28 \pm 1,02$ мг С/м², рассчитано по: Сажин и др., 2004) и в Двинском заливе в марте 2008 г. (Сажин и др., 2011, 2012). Биомасса фауны в прибрежных беломорских льдах в конце ледового сезона выше биомассы фауны в весенний и летний периоды в многолетних льдах северной части моря Баффина (Nozais et al., 2001), морей Баренцева и Лаптевых (Friedrich, 1997), но меньше биомассы криофауны дрейфующих паковых льдов Гренландского моря (Friedrich, 1997).

Для пространственного распределения обилия ледовой фауны характерна значительная неоднородность, что отмечалось и в других арктических районах (Carey, 1985; Nozais et al., 2001; Gradinger et al., 2005; Shünemann, Werner, 2005). Самое низкое обилие криофауны в течение всего сезона выявлено на ближайшей к берегу станции, на которой обилие планктона невысоко, а ледовый покров подвержен деформации в результате опускания и поднятия в ходе приливных течений. При этом не выявлено достоверных различий между видовым составом ледовой фауны на этой станции и на более удаленных от берега станциях с большей глубиной. На протяжении всего периода наблюдений обилие ледовой фауны было больше в нижнем слое льда, чем в верхнем, что характерно и для других арктических районов (Gradinger et al., 1999, 2005; Nozais et al., 2001; Marquardt et al., 2011).

Обилие нематод во льдах пролива Великая Салма в течение ледового сезона возрастало. В апреле нематоды преобладали в криофауне, что отмечалось ранее в других прибрежных районах Белого моря (Сажин и др., 2004, 2011, 2012) и ряде арктических морей (Carey, 1985; Kern, Carey, 1983; Grainger et al., 1985; Nozais et al., 2001). Механизмы попадания нематод в ледовый биотоп и увеличения их численности до сих пор остаются невыясненными (Чесунов, 2006). Предполагается, что заселение льда может осуществляться нематодами из бентоса в результате вертикального перемешивания (Carey, 1985). В глубоководных районах Арктики возможен перенос нематод другими животными, такими, например, как Amphipoda (Tchesunov, Riemann, 1995). Увеличение численности нематод может быть обусловлено постоянной колонизацией льда (Carey, 1985; Tchesunov, Riemann, 1995), не исключается возможность размно-

жения во льду нематод с коротким жизненным циклом (Kern, Carey, 1983).

Численность зоопланктона в подледном слое возрастала от января к апрелю, и в конце ледового сезона была выше, чем в губе Чупа Кандалакшского залива (Кособокова и др., 2003). В планктоне преобладали копепоиды *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus* и *Oncaea borealis*, что характерно для зимнего и ранневесеннего периодов в Белом море (Перцова, 1970; Кособокова и др., 2003).

Биомасса водорослей во льду пролива Великая Салма была низкой. В апреле она была значительно ниже биомассы криофлоры в губе Чупа в апреле 2002 г. (151–748 мг С/м², рассчитано по: Сажин и др., 2004) и в Двинском заливе в марте 2008 г. (Сажин и др., 2011, 2012), тогда как величины биомассы криофауны в этих трех районах были близки. Полагают, что растительоядные представители криофауны могут компенсировать недостаток растительной пищи

за счет других источников (Shünemann, Werner, 2005). Рацион ледовых нематод включает не только диатомовые водоросли (Grainger, Hsiao, 1990; Чесунов, 2006), но также бактерии и простейших (Gradinger, Zhang, 1997), собственные ювенильные стадии (Чесунов, Портнова, 2005) и, возможно, растворенное органическое вещество (Tchesunov, Riemann, 1995). Гарпактикоиды могут потреблять агрегации бактерий, грибы, инфузорий и даже трупы планктеров (Корнев, Чертопруд, 2008). Существующие к настоящему времени оценки выедания криофауной ледовых водорослей свидетельствуют о незначительном прессе выедания в ледовых биотопах (Nozais et al., 2001; Michel et al., 2002; Gradinger et al., 2005). Так, в северной части моря Баффина максимальная величина суточного выедания мейофауной составляла только 0,9% от биомассы водорослей и 5,7% от первичной продукции (Nozais et al., 2001), а пресс микрофауны был еще меньше (Michel et al., 2002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Виноградов М.Е., Шушкина Э.А. Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. М., 1987. 240 с.
- Корнев П.Н., Чертопруд Е.С. Веслоногие ракообразные отряда Harpacticoida Белого моря. М., 2008. 379 с.
- Кособокова К.Н., Ратькова Т.Н., Сажин А.Ф. Ранневесенний зоопланктон подо льдом губы Чупа, Белое море. 2002г. // Океанология. 2003. Т. 43, № 5. С. 734–743.
- Мельников И.А. Экосистема арктического морского льда. М., 1989. 191 с.
- Перцова Н.М. Зоопланктон Кандалакшского залива Белого моря // Труды Беломорской биологической станции МГУ. М., 1970. Т. 3. С. 34–45.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 288 с.
- Прыгункова Р.В. Некоторые особенности сезонного развития зоопланктона губы Чупа Белого моря // Сезонные явления в жизни Белого и Баренцева морей. Л.: Наука, 1974. С. 4–53. (Исследования фауны морей. Т. 13 (21)).
- Сажин А.Ф., Ратькова Т.Н., Кособокова К.Н. Население прибрежного льда Белого моря в ранневесенний период // Океанология. 2004. Т. 44, № 1. С. 92–100.
- Сажин А.Ф., Сапожников Ф.В., Ратькова Т.Н., Романова Н.Д., Шевченко В.П., Филиппов А.С. Население весеннего льда, воды и грунтов Белого моря в устьевой зоне Северной Двины // Океанология. 2011. Т. 51, № 2. С. 307–318.
- Сажин А.Ф., Ратькова Т.Н., Мошаров С.А., Романова Н.Д., Мошарова И.В., Портнова Д.А. Биологические компоненты сезонного льда // Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. СПб., 2012. С. 97–115. (Исследования фауны морей. Т. 69 (77)).
- Чесунов А.В. Биология морских нематод. М., 2006. 367 с.
- Чесунов А.В., Портнова В.А. Свободноживущие нематоды в сезонном прибрежном льду Белого моря. Описание *Niemina obliquorum* gen. et sp. n. (Nematoda, Monhysterioidea) // Зоол. журн. 2005. Т. 84. № 8. С. 899–914.
- Carey A.G. Marine ice fauna: Arctic // Sea Ice Biota. Boca Raton, Florida, 1985. P. 173–190.
- Friedrich C. Ecological investigations on the fauna of the Arctic sea-ice // Reports on Polar Research. 1997. Vol. 246. P. 1–211.
- Friedrich C., De Smet W.H. The rotifer fauna of arctic sea ice from the Barents Sea, Laptev Sea and Greenland Sea // Hydrobiologia. 2000. Vol. 432. P. 73–89.
- Garrison D.I., Buck K.R. Organism losses during ice melting: a serious bias in sea ice community studies // Polar Biology. 1986. Vol. 6. P. 237–239.
- Gradinger R., Zhang Q. Vertical distribution of bacteria in Arctic sea ice from the Barents and Laptev Seas // Polar Biology. 1997. Vol. 17. P. 448–454.

- Gradinger R., Spindler M., Henschel D.* Development of Arctic sea-ice organisms under graded snow cover // *Polar Research*. 1991. Vol. 10. P. 295–307.
- Gradinger R., Spindler M., Weissenberger J.* On the structure and development of Arctic pack ice communities in Fram Strait: a multivariate approach // *Polar Biology*. 1992. Vol. 12. P. 727–733.
- Gradinger R., Friedrich C., Spindler M.* Abundance, biomass and composition of the sea ice biota of the Greenland Sea pack ice // *Deep-Sea Research*. Part II. 1999. Vol. 46. P. 1457–1472.
- Gradinger R., Meiners K., Plumley G., Zhang Q., Bluhm B.* Abundance and composition of the sea-ice meiofauna in off-shore pack ice of the Beaufort Gyre in summer 2002 and 2003 // *Polar Biology*. 2005. Vol. 28. P. 171–181.
- Grainger E.H., Hsiao S.I.C.* Trophic relationships of the sea ice meiofauna in Frobisher Bay, Arctic Canada // *Polar Biology*. 1990. Vol. 10. P. 283–292.
- Grainger E.H., Mohammed A.A., Lovrity J.E.* The sea ice fauna of Frobisher Bay, Arctic Canada // *Arctic*. 1985. Vol. 38. P. 23–20.
- Hillebrand H., Durselen C. D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T.* Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. // *Journal of Phycology*. 1999. Vol. 35. P. 403–424.
- Hsiao S.I.C., Pinkewycz N., Mohammed A.A., Grainger E.H.* Sea ice biota and under-ice plankton from southeastern Hudson Bay in 1983 // **Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1984. Vol. 494. P. 1–49.
- Kern J.C., Carey A.G.* The faunal assemblage inhabiting seasonal sea ice in the nearshore Arctic Ocean with emphasis on copepods // *Marine Ecology Progress Series*. 1983. Vol. 10. P. 159–167.
- Krembs C., Gradinger R., Spindler M.* Implications of brine channel geometry and surface area for the interaction of sympagic organisms in Arctic sea ice // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2000. Vol. 243. P. 55–80.
- Marquardt M., Kramer M., Carnat G., Werner I.* Vertical distribution of sympagic meiofauna in ice in the Canadian Beaufort Sea // *Polar Biology*. 2011. Vol. 34. P. 1887–1900.
- Menden-Deuer S., Lessard D.J.* Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton // *Limnology and Oceanography*. 2000. Vol. 45. P. 569–579.
- Michel C., Nielsen T.G., Nozais C., Gosselin M.* Significance of sedimentation and grazing by ice micro- and meiofauna for carbon cycling in annual sea ice (northern Baffin Bay) // *Aquatic Microbial Ecology*. 2002. Vol. 30. P. 57–68.
- Nozais C., Gosselin M., Michel C., Tita G.* Abundance, biomass, composition and grazing impact of the sea-ice meiofauna in the North Water, northern Baffin Bay // *Marine Ecology Progress Series*. 2001. Vol. 217. P. 235–250.
- O'Reilly M.* Rotifera // *European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification*. Eds. Costello M.J., Emblow C., White R. *Collection Patrimoines Naturels*. 2001. Vol. 50. P. 149–151.
- Polyakov I.V., Timokhov L.A., Alexeev V.A., Bacon S., Dmitrenko I.A., Fortier L., Frolov I.E., Gascard J.-C., Hansen E., Ivanov V.I., Laxon S., Mauritzen S., Perovich D., Shimada K., Simmons Y.L., Sokolov V.T., Steele M., Toole J.* Arctic ocean warming contributes to reduced polar ice cap // *Journal of Physical Oceanography*. 2010. Vol. 40. P. 2743–2756.
- Sazhin A.* Phototrophic and heterotrophic nano- and microorganisms of sea ice and sub-ice water in Guba Chupa (Chupa Inlet), White Sea, in April 2002 // *Polar Research*. 2004. Vol. 23. P. 11 – 18.
- Shünemann H., Werner I.* Seasonal variations in distribution patterns of sympagic meiofauna in Arctic pack ice // *Marine Biology*. 2005. Vol. 146. P. 1091–1102.
- Sime-Ngando T., Gosselin M., Juniper S.K., Levasseur M.* Changes in sea-ice phagotrophic microprotists (20–200 µm) during the spring algal bloom, Canadian Arctic Archipelago // *Journal of Marine Systems*. 1997. Vol. 11. P. 163–172.
- Tchesunov A.V., Riemann F.* Arctic sea ice nematodes (Monhysteroidea), with descriptions of *Cryonema crassum* gen. n., sp. n. and *C. tenue* sp. n. // *Nematologica*. 1995. Vol. 41. P. 35–50.
- Walsh, J.E.* Climate of the Arctic environment // *Ecological Applications*. 2008. Vol. 18. P. S3–S22.
- Weissenberger J., Dieckmann G., Gradinger R., Spindler M.* Sea ice: a cast technique to examine and analyze brine pockets and channel structure // *Limnology and Oceanography*. 1992. Vol. 37. P. 179–183.
- Werner I., Arbizu P.M.* The sub-ice fauna of the Laptev Sea and the adjacent Arctic Ocean in summer 1995 // *Polar Biology*. 1999. Vol. 21. P. 71–79.

SEASONAL DYNAMIC OF SPECIES COMPOSITION AND ABUNDANCE OF FAUNA OF COASTAL ICE IN THE VELIKAYA SALMA STRAIT OF KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA

E.G. Kolosova, L.S. Zhitina, L.V. Ilyash, I.A. Melnikov

Species composition and abundance of ice and plankton fauna were investigated in the Velikaya Salma Strait of Kandalaksha Bay of the White Sea at 4 stations from January to the end of April 1997. 22 taxa were found in ice and 19 taxa in plankton. Species composition in ice did not significantly differ from that in plankton. Integrated abundance (N) increased from $3,3 \pm 1,8 \cdot 10^3$ ind/m² (January) to $18,0 \pm 18,7 \cdot 10^3$ ind/m² (the end of April). In January – March, the dominant taxa were Harpacticoida and copepod nauplii, while in April dominant group was Nematoda. Integrated biomass (B) increased from $0,07 \pm 0,02$ mg C/m² (January) to $3,62 \pm 2,50$ mg C/m² (middle of April), and decreased slightly to $2,24 \pm 2,25$ mg C/m² because of ice melt to the end of April. Copepods and polychaete larvae dominated in terms of biomass in January – March, while Nematoda had the highest biomass in April. Species diversity, N and B were lower in the upper layer of ice than that in the bottom layer. At the ice–water interface N and B of under-ice fauna increased from $2,7 \cdot 10^3$ ind/m³ and $0,4$ mg C/m³ (January) to $21,5 \cdot 10^3$ ind/m³ and $8,1$ mg C/m³ (middle of April). In water column N increased from $0,05 \cdot 10^3$ ind/m³ and $0,06$ mg C/m³ (January) to $1,1 \cdot 10^3$ ind/m³ and $0,74$ mg C/m³ (middle of April). Copepod nauplii were the most numerous individuals, copepods dominated in terms of biomass.

Key words: sea-ice fauna, coastal ice, spatial variability, seasonal dynamic, White Sea.

Сведения об авторах: Колосова Елена Гавриловна – науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ, канд. биол. наук (kolosova.lena19@yandex.ru); Житина Людмила Сергеевна – ст. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ, канд. биол. наук (lgitina@mail.ru); Ильяш Людмила Васильевна – профессор. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ, докт. биол. наук (ilyashl@mail.ru); Мельников Игорь Алексеевич – гл. науч. сотр. лаб. океанической ихтиофауны Института океанологии РАН, докт. биол. наук (migor39@yandex.ru).