

## СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА И ОБИЛИЯ ЗООПЛАНКТОНА В БУХТЕ АРДЛИ (О. КИНГ-ДЖОРДЖ, ЮЖНЫЕ ШЕТЛАНДСКИЕ ОСТРОВА)

мл. науч. сотр. Н.В.УСОВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук А.В.НЕЕЛОВ<sup>1</sup>,  
канд. биол. наук В.В.ПОВАЖНЫЙ<sup>2</sup>, канд. биол. наук В.Л.СЁМИН<sup>3</sup>,  
канд. биол. наук Д.В.ТИХОНЕНКОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> – Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, e-mail: unick@bk.ru, antarct@zin.ru

<sup>2</sup> – Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, e-mail: cornigerius@rambler.ru, semin@ssc-ras.ru

<sup>3</sup> – Институт биологии внутренних вод РАН, г. Борок, Ярославская обл., e-mail: tikhon@ibiw.yaroslavl.ru

В течение пяти лет (2006–2010 гг.) в составе 51–55-й РАЭ в бухте Ардли (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские о-ва, Антарктика) проводились круглогодичные наблюдения над динамикой состава зоопланктона и его количественной характеристикой, изменением температуры воды и солёности. Пробы отбирали в двух, а с 2008 г. в трех точках на разном удалении от берега. Сезонные изменения температуры и солёности были невелики (–1,6... +2,1 °С; 33,4 – 35,5 ‰ соответственно), вероятно, из-за интенсивного водообмена между бухтой и открытым океаном. Также незначительны были и межгодовые различия в этих параметрах среды в течение круглогодичных пяти лет наблюдений. Исключением были периоды становления и разрушения ледового покрова, которые значительно различались сроками ледостава и особенностями ледового покрова акватории бухты, включая толщину льда, что обусловлено значениями и длительностью отрицательных температур воздуха и ветровой составляющей в позднеосенний и зимний периоды, как и временем распаления льда.

Тем не менее сезонные изменения обилия зоопланктона были очень велики: от почти полного отсутствия весной и в начале лета до сотен экз./м<sup>3</sup> осенью и зимой. В то же время межгодовые различия суммарного обилия зоопланктона были незначительны. Заметные изменения от года к году претерпевало только относительное обилие малочисленных видов. Видовое богатство было выше в открытой части бухты по сравнению с прибрежной станцией, что можно объяснить влиянием открытого океана на планктонное сообщество в бухте Ардли, как и снижение видового разнообразия планктона под влиянием талых вод у ледника Коллинз.

**Ключевые слова:** Антарктика, о. Кинг-Джордж, зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса.

### ВВЕДЕНИЕ

В течение последних 50 лет в районе Антарктического полуострова наблюдается значительное потепление климата и связанное с этим таяние ледников [Cook et al., 2005; Gross, 2005]. Последнее сопровождается чувствительными изменениями в прибрежных сообществах [Gross, 2005; Pakhomov et al., 2003], связанными с опреснением поверхностного слоя и увеличением концентрации взвеси, которая губительна для многих морских животных [Pakhomov et al., 2003]. Рост температуры сам по себе может при-

водить также к появлению видов-вселенцев из более теплых регионов [Thatje, Fuentes, 2003], что нарушает баланс в сообществе. В Северном полушарии, где длительные исследования биоты и климата проводятся уже более 100 лет, обнаружено множество доказательств изменений климата и его влияния как на донную фауну [Галкин, 1987, 1989], так и на планктон [Russell, 1971; Cushing, 1995]. К сожалению, наблюдения за прибрежными морскими экосистемами у Южных Шетландских островов и прилегающих районов были фрагментарны (почти все исследования проводили с судов в относительно непродолжительных рейсах) и не представляют полной картины изменений. Для выявления изменений в биологических системах важен непрерывный многолетний мониторинг морских сообществ в прибрежной зоне, наиболее подверженной влиянию факторов, связанных с потеплением, таких как таяние ледников и вызванное этим увеличение берегового стока. Наиболее интересен и одновременно сложен в этом отношении планктон, так как эта группа организмов из-за непродолжительности жизненных циклов составляющих ее организмов весьма чувствительна к разным внешним (абиотическим) воздействиям. Именно на изучении этих обитателей пелагиали и было сосредоточено данное исследование. В основу работы легли данные наблюдений за зоопланктоном в прибрежье острова Кинг-Джордж в течение 5 лет. Цель работы – выявление закономерностей и межгодовых различий сезонной динамики температуры воды, солёности и обилия зоопланктона на разном удалении от берега.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Динамику и распределение прибрежного сетного мезозоопланктона наблюдали на двух станциях, на разном удалении от берега в районе российской станции Беллинсгаузен (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские о-ва). Одна станция (ст. 1), глубиной 25 м, – расположена у берега ( $62^{\circ} 12' 20''$  ю.ш.,  $58^{\circ} 56' 51''$  з.д.), другая (ст. 2), глубиной 60 м, в открытой части бухты Ардли ( $62^{\circ} 12' 09''$  ю.ш.,  $58^{\circ} 56' 22''$  з.д.) (рис. 1). В декабре 2008 г. были начаты работы на ст. 3, расположенной в непосредственной близости от ледника Коллинз (северо-восточная часть бухты Коллинз) в точке с координатами  $62^{\circ} 10' 20,5''$  ю.ш.,  $58^{\circ} 47' 44,5''$  з.д. (рис. 1). Работы проводили в течение 5 лет (февраль 2006 – декабрь 2010 гг.) с периодичностью раз в 10–14 дней. Из-за сложных ледовых условий в зимний период имели место значительные перерывы (особенно длительный – в 2007 г.). Но в это время в 2007, 2009 и в 2010 гг. сбор проб зоопланктона и измерения температуры и солёности проводили в точке ПГТ (постоянная гидрологическая точка) с координатами  $62^{\circ} 12' 09''$  ю.ш.,  $58^{\circ} 57' 20''$  з.д. – примерно 2 раза в месяц. В данной работе использованы только гидрологические данные из этой точки. В течение зимы поверхностным термометром измеряли температуру воды на поверхности у уреза воды.

Пробы планктона собирали малой сетью Джели (диаметр входного отверстия 26 см, размер ячеек фильтрующего конуса 200 мкм) по слоям 10–0, 25–10 и 50–25 м на глубоководной станции 2, 10–0 и 25(22)–10 м у берега (ст. 1) и 10–0, 25–10 и 35–25 м у ледника (ст. 3). Для целей этой работы была рассчитана средняя численность зоопланктона в  $1 \text{ м}^3$  для каждой станции и горизонта. Всего собрано 380 количественных проб зоопланктона, из них обработано 310; пробы за 2010 г. еще обрабатываются, поэтому не использованы в данном исследовании. Пробы планктона фиксировали 4%-ным формалином и обрабатывали по стандартной методике ВНИРО [Инструкция..., 1971]. Определение двух видов, *Stephos longipes* и *Microcalanus pigmaeus*, вызывает сомнение, так как они внешне (морфологически) очень сходны между собой, особенно в непопозревшем состоянии. По этой причине в таблице они были объединены.

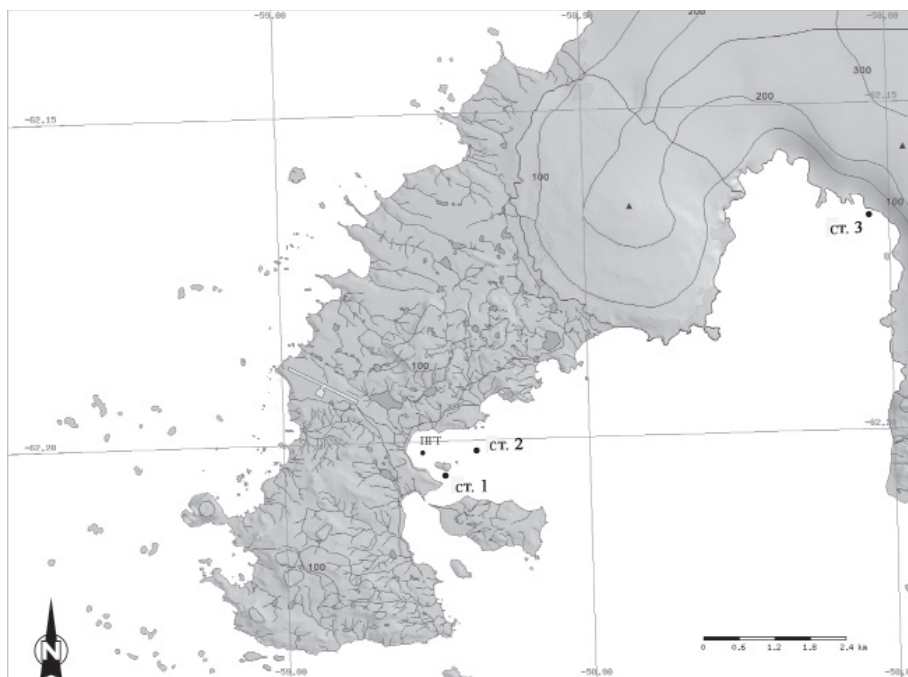


Рис. 1. Расположение планктонных станций (ст. 1, ст. 2 и ст. 3) и постоянной гидрологической точки (ПГТ) в бухте Ардли.

Также объединены данные по видам *Oithona similis* и *O. frigida*, поскольку в период с 2008 по 2009 г. эти виды не разделяли. Однако численность второго вида во все годы наблюдений была ниже почти на порядок, поэтому указанные в таблице цифры можно относить к *Oithona similis*.

Аналогичные результаты работы в отношении протозоопланктона, проведенной в 2008–2009 гг. в составе 54-й РАЭ, опубликованы [Тихоненков, 2011].

Температуру воды измеряли опрокидывающимися термометрами (ТГ) на глубинах 0, 10, 15, 25 и 50 м. На тех же горизонтах батометрами БМ-48 отбирали пробы воды для определения солёности. Солёность измеряли с помощью кондуктометра YSI. В общей сложности в течение периода исследований выполнено около 650 измерений температуры и солёности. Статистическую обработку проводили, используя программу MS Excel и Statistica (StatSoft inc.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### *Гидрология*

Анализируя ход сезонных изменений температуры в течение пяти лет наблюдений (рис. 2), можно отметить почти полное отсутствие температурной стратификации водной толщи – кривые на всех горизонтах почти полностью сливаются. Разность температур между поверхностью и придонным горизонтом достигала 2,6 °С (20 февраля 2009 г.) лишь на станции у ледника, где сказывалось влияние его талых вод. В ноябре, декабре и феврале отмечены максимальные значения вертикального градиента на всех станциях. Закономерность проследить трудно, так как величина градиента сильно варьировала от даты к дате. Минимальные его значения наблюдались в конце лета,

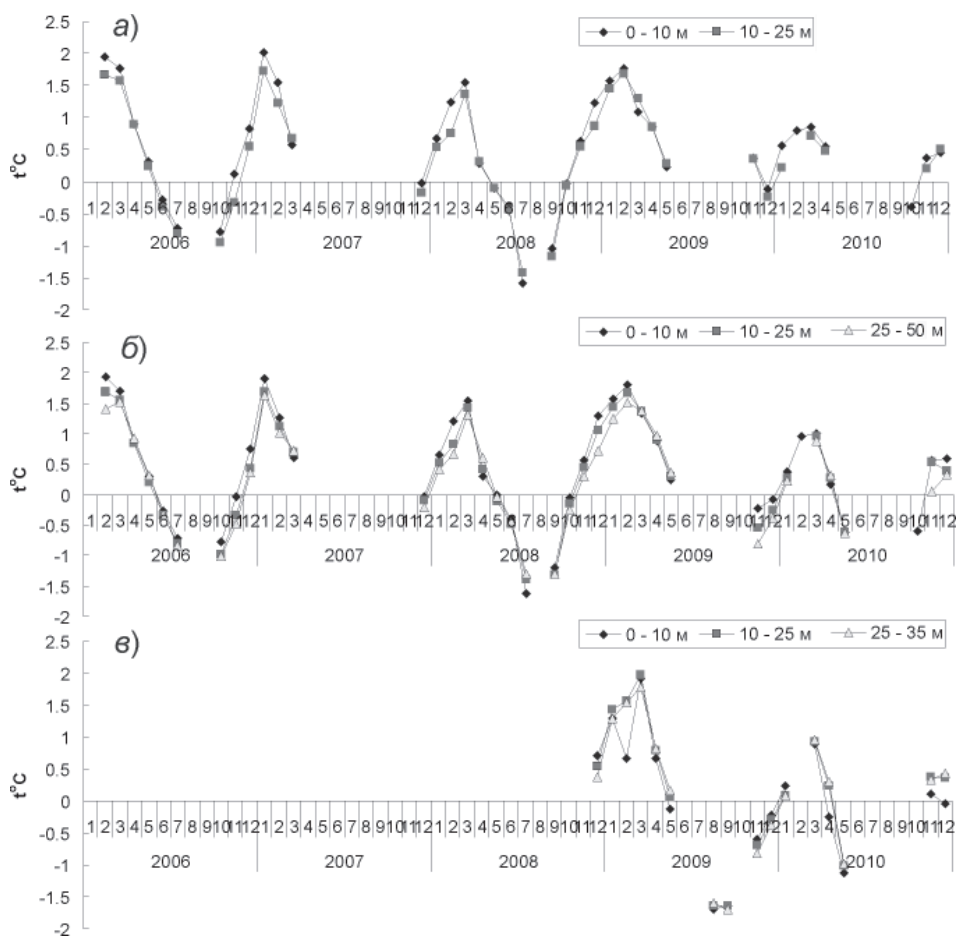


Рис. 2. Ход изменений температуры воды на станциях 1 (а), 2 (б), 3 (в) в бухтах Ардли и Коллинз с 2006 по 2010 г. Приведены среднемесячные значения. Разрывы в кривых приходятся на зимний период.

осенью и зимой. Изменения температуры воды в период открытой воды укладываются в диапазон от  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (8 июля 2008 г., ст. 1 и 2, 0 м) до  $+2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (9 марта 2008 г., ст. 1 и 2, 0 м). Температура воды зимой во все года наблюдений изменялась незначительно и колебалась в пределах от  $-1,9$  до  $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температурная стратификация в зимней точке отбора проб (ПГТ) была выражена слабо. На приледниковой станции преобладала обратная стратификация водной толщи: температура воды на поверхности была в большинстве случаев ниже придонной, что, скорее всего, является следствием таяния ледника и растекания талой воды по поверхности в данной части акватории бухты (табл. 1). Эта станция была одновременно и наиболее холодной из трех.

Соленостная стратификация водной толщи в точках отбора проб в период открытой воды была выражена значительно слабее (рис. 3), особенно в относительных величинах. Однако в большинстве случаев на поверхности соленость была минимальной. Станции 1 и 2 расположены на небольшом удалении от берега, поэтому распреснение верхнего слоя воды можно объяснить влиянием стока с суши. При

**Средние многолетние значения температуры и солёности  
на разных станциях и горизонтах за период наблюдений**

Горизонт, м	Температура, °С			Солёность, ‰		
	Прибрежье	Центр бухты	Ледник	Прибрежье	Центр бухты	Ледник
0	$0,7 \pm 0,12$	$0,7 \pm 0,12$	$0,1 \pm 0,19$	$34,0 \pm 0,05$	$34,0 \pm 0,03$	$31,1 \pm 0,65$
5			$0,2 \pm 0,24$			$33,3 \pm 0,19$
10	$0,6 \pm 0,11$	$0,5 \pm 0,11$	$0,5 \pm 0,20$	$34,1 \pm 0,03$	$34,1 \pm 0,03$	$33,6 \pm 0,08$
15	$0,5 \pm 0,11$	$0,5 \pm 0,16$	$0,4 \pm 0,26$	$34,1 \pm 0,03$	$34,1 \pm 0,03$	$33,7 \pm 0,07$
25	$0,5 \pm 0,11$	$0,5 \pm 0,10$	$0,5 \pm 0,19$	$34,1 \pm 0,03$	$34,1 \pm 0,03$	$33,9 \pm 0,03$
50		$0,4 \pm 0,10$	$0,6 \pm 0,18$		$34,1 \pm 0,03$	$34,0 \pm 0,03$

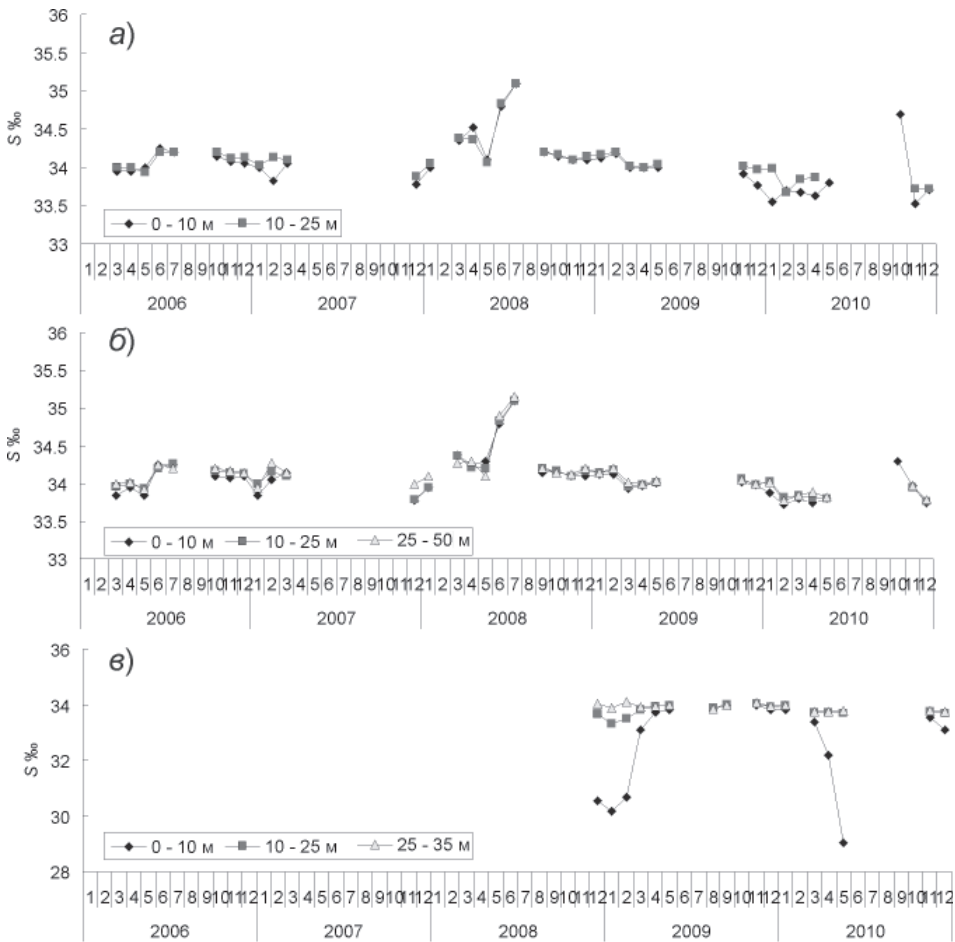


Рис. 3. Ход изменений солёности воды на станциях 1 (а), 2 (б), 3 (в) в бухтах Ардли и Коллинз с 2006 по 2010 г. Приведены среднемесячные значения. Разрывы в кривых приходятся на ледовые периоды.

Пропуски в наблюдениях и сборе материалов приходились на периоды становления и разрушения ледового покрова, которые значительно различались сроками ледостава и особенностями ледового покрова акватории бухты, включая толщину льда, что обусловлено как значениями и длительностью отрицательных температур воздуха и ветровой составляющей в позднесенний и зимний периоды, так и временем распаления льда.

Например, к сентябрю 2006 г. толщина льда в точке ПГТ не превышала 40 см, а к моменту окончания работ на льду 30 сентября 2007 г. толщина в той же точке составила 90 см.

По температуре воды, времени появления льда и образования сплошного припая, а также по абсолютной температуре воздуха зима 2007 г. на о. Кинг-Джордж явилась наиболее холодной за период наблюдений. Максимум температуры на обеих станциях в бухте Ардли во всех слоях наблюдался в январе, к марту она понизилась до 0,7 °С. В другие годы максимум на тех же станциях приходился на февраль-март, а температура в марте была в 2 раза выше. Только в 2010 г. средняя за март температура воды составила 0,9 °С. В 2007 г. образование припая началось в конце апреля, а с конца июня по конец сентября сплошной ледовый покров наблюдался на акватории всей бухты Ардли и даже акватории всего залива Максвелл (до 10 км от кута бухты). Самым теплым можно считать весь 2008 г., когда гидрологические наблюдения на стандартных станциях в бухте Ардли прервались лишь на один зимний (август) месяц (рис. 2 и 3).

Можно ли проследить в бухте Ардли долговременные изменения температуры?

В нашем распоряжении есть данные по поверхностной прибрежной температуре в бухте Ардли в 1973 и 1986 гг. (неопубл. данные). Среднегодовые значения в эти годы составили –0,1 и 0,3 °С соответственно. В 2006–2007 гг. среднегодовые значения температуры на поверхности воды у уреза воды составили 0,14 °С. Средняя температура на поверхности за весь период проведенных наблюдений с 2006 по 2010 г. равнялась 0,7 °С (хотя в осенне-зимне-весенний период температуру воды на станциях часто не имели возможность измерить). Как видно, несмотря на холодный 2007–2008 гг. (среднегодовая температура равнялась 0,25 °С, а в зимний период с начала апреля до конца сентября была постоянно отрицательной от –1,9 до –1,7 °С [Поважный, 2009]), наши данные абсолютно достоверно не могут как подтвердить потепление климата в западном секторе Антарктики, отмеченное многими авторами [Cook et al., 2005; Gross, 2005; Turner et al., 2005 и др.], так и опровергнуть его из-за малого и прерывистого периода наблюдений. Различия обусловлены также тем, что работы проводили не круглый год, а за исключением периодов становления и разрушения ледового покрова.

### **Зоопланктон**

*Состав.* За период наблюдений в районе исследований обнаружены 32 вида и рода (в случаях невозможности видового определения) планктонных животных и 8 более крупных таксономических групп (табл. 2). Самым многочисленным видом в районе являлась *Oithona similis* (в среднем 83 экз./м<sup>3</sup>; максимум 1400 экз./м<sup>3</sup> 13 мая 2008 г., ст. 1), за которой по численности следовали *Ctenocalanus citer* (в среднем 7 экз./м<sup>3</sup>; максимум 215 экз./м<sup>3</sup> 8 декабря 2009 г., ст. 3) и *Oncaea curvata* (в среднем 4 экз./м<sup>3</sup>; максимум 124 экз./м<sup>3</sup> 4 мая 2009 г., ст. 1), что отмечалось во все годы наблюдений [Усов, 2007; Поважный, 2009; Тихоненков, 2011]. В 2006–2007 гг. в планктоне была многочисленна

Таблица 2

**Состав мезозoopланктона района исследований: доля численности видов и группировок в суммарной численности и встречаемость на разных станциях в 2006–2009 гг.**

Виды и группировки	Средняя доля	Максимальная доля	Прибрежье (ст. 1)	Центр бухты (ст. 2)	Ледник (ст. 3)
<b>Hydrozoa</b>					
<i>Arctapodema ampla</i>	<1 %	0 %		+	
<i>Amphinema</i> sp.	<1 %	<1 %			+
<i>Calycophorae</i> gen. sp. <sup>4</sup>	<1 %	7 %		+	
<b>Ctenophora</b>					
	2 %	18 %	+	+	
<b>Polychaeta</b>					
<i>Pelagobia longicirrata</i>	<1 %	3 %	+	+	+
Syllidae gen. sp.	<1 %	1 %			+
<b>Nematoda</b>					
	<1 %	25 %	+	+	+
<b>Tardigrada</b>					
	<1 %	14 %		+	
<b>Copepoda</b>					
<i>Ctenocalanus citer</i>	6,0 %	50,0 %	+	+	+
<i>Calanoides acutus</i>	2 %	100 %	+	+	+
<i>Spinocalanus abyssalis</i>	4 %	50 %		+	+
<i>Paraeuchaeta</i> sp. <sup>3</sup>	<1 %	2 %		+	
<i>Clausocalanus</i> cf. <i>brevipes</i>	1,0 %	100 %	+	+	+
<i>Microcalanus pygmaeus</i> + <i>Stephos longipes</i>	1,0 %	40 %	+	+	+
<i>Rhincalanus gigas</i>	<1 %	11 %	+	+	
<i>Metridia gerlachei</i>	3,0 %	44,4 %	+	+	
<i>Scoleciticella</i> sp. <sup>3</sup>	<1 %	<1 %		+	
<i>Gaetanus</i> sp. <sup>3</sup>	<1 %	<1 %		+	
<i>Oithona similis</i> + <i>O. frigida</i>	58,0 %	100,0 %	+	+	+
<i>Oncaea</i> spp. <sup>1</sup>	3,3 %	50,0 %	+	+	+
<i>Conaea</i> sp. <sup>4</sup>	<1 %	5 %	+	+	+
<i>Lubbockia aculeata</i> <sup>4</sup>	<1 %	1 %	+		+
<i>Sapphirina</i> cf. <i>gastrica</i>	<1 %	22 %	+	+	+
<i>Miracia</i> cf. <i>minor</i> <sup>4</sup>	2 %	100 %	+	+	+
<i>Clytemnestra</i> sp. <sup>4</sup>	<1 %	13 %	+	+	+
<i>Aegisthus</i> sp. <sup>4</sup>	<1 %	1 %	+		+
<i>Microsetella</i> sp. <sup>4</sup>	<1 %	<1 %	+		
Harpacticoida gen. sp.	2,2 %	61 %	+	+	+
<b>Ostracoda</b>					
	<1 %	17 %	+	+	+
<b>Isopoda</b>					
	<1 %	1 %			+
<b>Amphipoda</b>					
Hyperiididae sp.	<1 %	6 %	+	+	+

Виды и группировки	Средняя доля	Максимальная доля	Прибрежье (Ст. 1)	Центр бухты (Ст. 2)	Ледник (Ст. 3)
<b>Euphausiacea</b>					
<i>Thysanoessa macrura</i>	<1 %	8,3 %		+	
<i>Euphasia superba</i>	<1 %	7 %		+	
<b>Acari</b>					
<i>Hydracarina</i> sp.	<1 %	20 %	+	+	+
<b>Gastropoda</b>					
<i>Pneumoderma</i> sp.	<1 %	6 %		+	
<i>Limacina antarctica</i> f. <i>antarctica</i>	0,2 %	8 %	+	+	+
<b>Chaetognatha</b>					
<i>Eukrohnia hamata</i>	<1 %	4,0 %	+	+	
<b>Appendicularia</b>					
<i>Fritillaria borealis</i>	1,7 %	49 %	+	+	+
<i>Oikopleura dioica</i>	<1 %	5,9 %	+	+	+
Tunicata (juv.)	<1 %	6 %	+		+
<b>Личинки</b>					
Polychaeta	3,6 %	100 % <sup>2</sup>	+	+	+
Bivalvia	<1 %	2,4 %	+		
Nemertinea	1,4 %	100 % <sup>2</sup>		+	
Echinodermata	<1 %	67 %	+	+	
Ascidia – яйца	8,6 %	88,2 %	+	+	+
Ascidia	1,0 %	10 %	+	+	+
<b>Уникальные для станции:</b>			2	10	3
<b>Всего таксонов:</b>			32	38	29

Примечание. 1 – *Oncaea* spp. – только половозрелые особи; 2 – личинки *Polychaeta* и *Nemertinea*: в отдельных пробах их не было вообще или всего 1–3 личинки; 3 – обнаружено по 1–2 особи, определение предварительное; 4 – предварительное определение; 5 – + – наличие в пробе.

*Metridia gerlachei*, однако в последующие годы в уловах она не встречалась. Все эти виды – представители класса Copepoda, который является основой фауны зоопланктона в изученной акватории, составляя в среднем около 80 % численности сообщества. Очень важную роль в составе сетного планктона играли также яйца и личинки представителей класса асцидий – *Ascidia* (до 65 экз./м<sup>3</sup>), которые составляли основу меропланктона в районе исследований. Следует обратить внимание на высокие максимальные значения доли некоторых организмов в планктоне (до 100 %): такой процент имел место даже в том случае, если в пробе были отмечены единичные особи данного вида (или группы). Это связано с общей бедностью зоопланктона в районе исследований. Только в единственном числе встречены крупные представители отряда Calanoida: *Paraeuchaeta* cf. *antarctica*, *Gaetanus* sp., *Scolecithricella* sp., *Rhincalanus gigas*. Они доминируют в большинстве глубоководных районов Южного океана [Воронина, 1984], а своим появлением в бухте Ардли, видимо, обязаны адвекции вод открытой части пролива Брансфилда.



Так, крупный вид *Calanoides acutus*, жизненный цикл которого включает зимовку на глубинах 400–500 м, был отмечен в пробах в летний период на стадии половой зрелости (размножение вида происходит в эпипелагиали). Вместе с тем данный вид не был отмечен в пробах 2006–2007 гг. Адвекцией вод можно объяснить и появление в пробах батипелагического вида *Spinocalanus abyssalis*.

В целом зоопланктон в заливе Максвелл можно считать сильно обедненным. В период минимума обилия (в конце зимы и начале весны) некоторые пробы не содержали ни одного экземпляра. Это может быть отчасти связано с большим размером ячеек используемых сетей (200 мкм), которые не улавливают планктонных копепод на младших стадиях развития [Усов, 2007; Кутчева, Примаков, 2001]. Вероятно, в это время года в антарктическом планктоне преобладают мелкие формы и многие виды находятся на

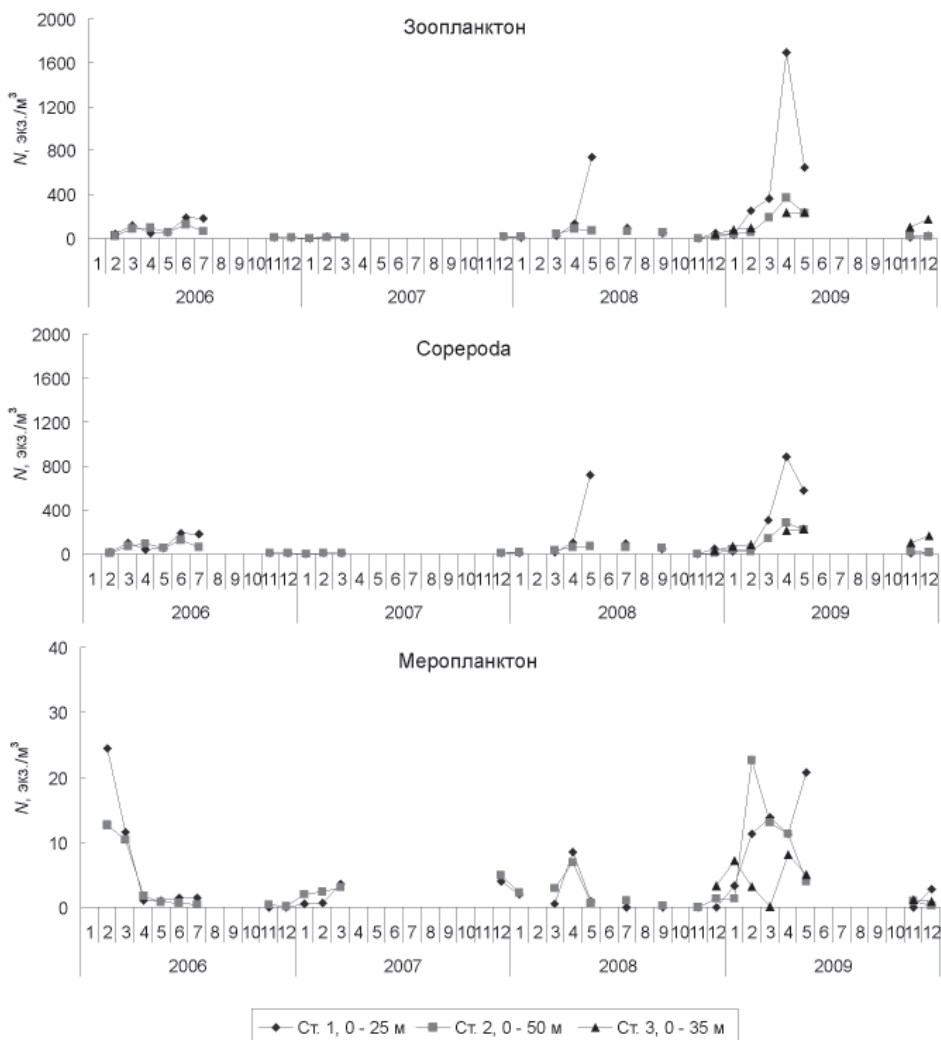


Рис. 4. Сезонная динамика суммарной численности зоопланктона и планктонных личинок (включая планктонные яйца асцидий).

младших стадиях развития – именно в ранневесенний период начинается размножение многих планктонных организмов в водах Южного океана [Воронина, 1984].

*Сезонная динамика и ее межгодовые изменения.* Пик суммарного обилия зоопланктона в бухте Ардли приходился на конец осени – начало зимы (рис. 4). Минимальные значения обилия отмечались в конце весны – начале лета. Те же закономерности демонстрировали отдельно взятые виды веслоногих ракообразных и меропланктона (рис. 4). Лишь в динамике обилия меропланктона наблюдался пик в начале 2006 г., обусловленный массовым размножением асцидий в это время. Минимальное за четыре года обилие зоопланктона наблюдалось в 2007 г., максимальное – в 2009 г. Как уже отмечалось, 2007 г. был наиболее холодным за период наблюдений, ледостав в этот год начался уже в апреле, в то время, когда численность зоопланктона в норме достигает своего максимума. Суровые температурные условия, вероятно, и послужили угнетающим фактором. В то же время 2009 г. был средним по температурным условиям, но ближе к холодному 2007-му. Поэтому пока сложно говорить о причинах столь интенсивного развития зоопланктона в 2009 г.

Рассмотрим динамику численности двух наиболее многочисленных видов, принадлежащих к подклассу Copepoda (рис. 5). Можно видеть, что динамика численности *Oithona similis* соответствует динамике суммарного обилия зоопланктона, так как этот вид был постоянно доминирующим в составе зоопланктона в районе исследований. Динамика численности *Ctenocalanus citer* практически совпадает с динамикой *O. similis*, кроме того, она резко возрастает в самом конце 2009 г., когда суммарное обилие зоопланктона находилось на минимуме. Анализ динамики численности массовых видов зоопланктона не помогает понять причину межгодовых раз-

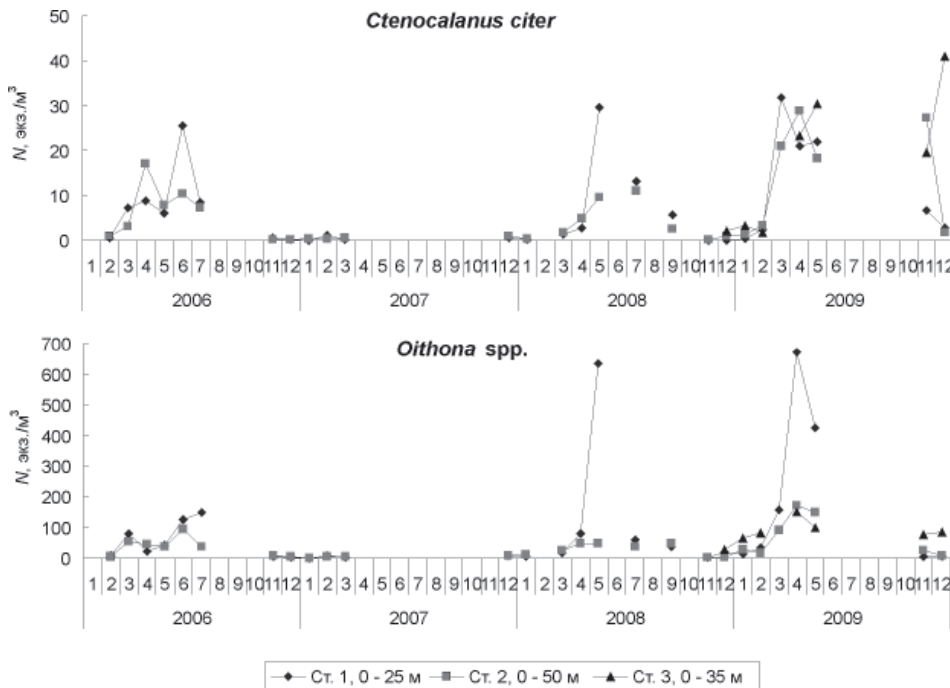


Рис. 5. Сезонная динамика суммарной численности массовых видов зоопланктона в течение четырех лет.

личий в его численности, так как виды с разным биогеографическим статусом ведут себя одинаково: и вид умеренных вод *Ctenocalanus*, и космополит *Oithona*. Остальные виды появлялись в заливе Максвелл в единичных количествах и эпизодически. Однако анализ динамики таких видов позволяет делать выводы о горизонтальном переносе в районе исследований и заносе планктона из открытого океана, как это было показано выше на примере крупных Calanoida (*Paraeuchaeta cf. antarctica*, *Gaetanus* sp., *Scolecithricella* sp., *Rhincalanus gigas*).

Подробно динамика стадий развития копепод рассмотрена в 2006–2007 гг. [Усов, 2007], поэтому о сезонном цикле развития видов данной группы зоопланктона можно судить только по этим данным. Собственно, определенную сложность представляет только сезонный цикл *Oithona similis*: осенью и зимой в сопоставимых количествах представлены все стадии развития вида, тогда как весной и летом – исключительно половозрелые особи. Это отчасти согласуется с данными о цикле развития этого вида в зоне полярного фронта, где *O. similis* присутствует в эпипелагиали и размножается в течение всего года [Atkinson, 1998]. *Metridia gerlachei* и *Ctenocalanus citer* в период максимума своей численности представлены всеми стадиями развития, по крайней мере младшими (до 3–4-х копеподитов). Численность старших стадий столь мала, что не позволяет с уверенностью проследить изменения. Как уже было сказано, в сезонной динамике всех трех видов наблюдалось три пика, во всех участвуют одни и те же стадии развития, что позволяет говорить о растянутом периоде размножения. В море Уэдделла, в глубоководных районах, сезон размножения *Metridia gerlachei* смещен на конец зимы – весну [Schnack-Schiel, Hagen, 1995]. Разница в схеме сезонного цикла, вероятно, связана с особенностями описанных районов – мелководное побережье и глубоководные районы вдали от суши. Важно отметить, что это вид промежуточных глубин и никогда не встречается в максимальных количествах у поверхности. Следовательно, динамика *Metridia gerlachei* у берега не может отражать реальную картину его жизненного цикла. В пользу этого говорит также факт полного отсутствия вида в районе исследований в 2008–2009 гг.

Крайне мало круглогодичных исследований проводилось и проводится в прибрежной зоне острова Кинг-Джордж, впрочем, как и в побережье Антарктики в целом, что, очевидно, является следствием суровости условий в этой части Земли. Круглый год наблюдают за зоопланктоном на аргентинской научной станции Джубани (Jubany), расположенной на том же острове, однако результаты исследований до сих пор не опубликованы. Круглогодичные исследования проводила в начале 1990-х гг. Л.Л.Меньшенина (Меньшенина, 1995; Menshenina, Rakusa-Suszczewski, 1993) на польской научной станции «Хенрик Арцтовски» в более глубоководном заливе Адмиралтейства. Там в группу доминант входили те же виды, что и в нашем случае (*Oithona similis*, *Metridia gerlachei*, *Ctenocalanus citer*), однако общее число видов было намного выше из-за большей глубины взятых станций (400 м против 50-ти в бухте Ардли). Сходные черты обнаружены в динамике обилия *O. similis* и *Ctenocalanus citer*, однако в нашем случае наблюдался лишь осенний максимум, который был растянут на часть зимы, тогда как Меньшенина приводит данные о наличии двух пиков: весеннего и осеннего. Динамика численности остальных видов не поддается сравнению из-за низкого их обилия в бухте Ардли. К сожалению, эта приведенная работа Л.Л.Меньшениной не имела продолжения.

*Сравнение станций.* Одной из целей исследования было выявление особенностей горизонтального распределения организмов зоопланктона по отношению к суше и к

Средние значения обилия зоопланктона, веслоногих ракообразных и меропланктона на разных станциях за 2006–2009 гг., экз./м<sup>3</sup>

Наименование	Станция	Горизонт	Средние ± ст. ошибки
Зоопланктон	Ст. 1	0 – 25 м	177 ± 68,4
	Ст. 2	0 – 50 м	66 ± 15,8
	Ст. 3	0 – 35 м	137 ± 29,9
Copepoda	Ст. 1	0 – 25 м	130 ± 44,4
	Ст. 2	0 – 50 м	56 ± 13,0
	Ст. 3	0 – 35 м	127 ± 27,6
Меропланктон	Ст. 1	0 – 25 м	5 ± 1,3
	Ст. 2	0 – 50 м	4 ± 1,0
	Ст. 3	0 – 35 м	4 ± 1,0

влиянию ледника. В этом отношении интересны два аспекта: качественный состав и количественные показатели. Качественное сравнение трех станций проведено в табл. 2 (см. выше). Если суммировать данные четырехлетних наблюдений, можно отметить обедненность сообщества в прибрежной и особенно в приледниковой зоне: 32 и 29 таксонов соответственно, против 38 в центре бухты. Но различия между станциями обусловлены лишь малочисленными видами, это свидетельствует о том, что во многих случаях распределение животных обусловлено случайными факторами. Тем не менее как существенный фактор можно выделить близость открытого моря, так как среди организмов, отмеченных только в открытой части бухты, значительную часть составляют океанические виды. В связи с этим следует отметить, что точки резко различаются по числу уникальных таксонов, встреченных только на одной станции (табл. 2): по этому признаку выделяется точка в открытой части бухты Ардли (10 таксонов против 1–2 на других станциях). В количественном выражении наиболее богатой можно считать прибрежную станцию 1, на которой во время сезонных пиков обилия отмечались наибольшие количества зоопланктона и копепод, по сравнению с другими станциями (рис. 4). По средним значениям выделяются обе прибрежные станции, как у ледника, так и в бухте Ардли, при этом общее обилие зоопланктона все же выше в бухте Ардли (табл. 3). Имели место также различия вертикального распределения зоопланктона: на обеих прибрежных станциях наибольшая численность

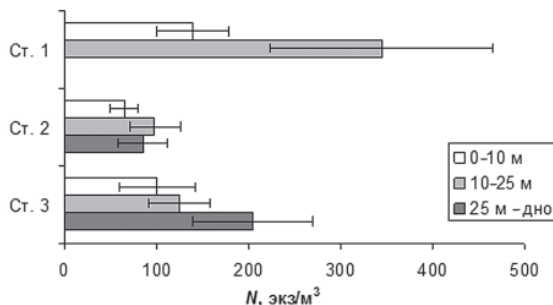


Рис. 6. Вертикальное распределение суммарного обилия зоопланктона на разных станциях. Планки погрешностей – стандартные ошибки среднего.

характерна для нижнего горизонта, тогда как на Ст. 2 распределение практически равномерное (рис. 6). Некоторые виды, встреченные на Ст. 1 и 2 у поверхности, на ст. 3 отмечались в промежуточном и придонном слоях, что, очевидно, указывает на распределение поверхностных вод под влиянием талых вод ледника. Таким образом, из трех станций как количественно, так и качественно выделяется точка в открытой части бухты Ардли, что в первую очередь объясняется ее расположением, а не влиянием суши и вод ледника на двух других станциях. Терригенное влияние выражено в вертикальном распределении зоопланктона: в зоне влияния материкового стока и ледникового опреснения слой максимальной общей численности зоопланктона смещен на большие глубины.

## ВЫВОДЫ

Сезонные колебания температуры воды и особенно солености в бухте Ардли крайне незначительны, так же как и вертикальные градиенты этих показателей, что позволяет предположить наличие интенсивного перемешивания водной толщи. Вероятно, в этом участвуют как значительное ветровое воздействие, так и приливно-отливные течения.

Для динамики как численности, так и видового состава зоопланктона характерны значительные межгодовые изменения, связанные с появлением и исчезновением редких видов и колебаниями численности массовых организмов. Амплитуда сезонных колебаний ядра планктонного сообщества, представленного тремя видами копепоид – *Oithona similis*, *Metridia gerlachei* (в 2006–2008 гг.) и *Ctenocalanus citer*, а также и личинками *Ascidia* была минимальной в 2007 г.

Сезонный пик численности зоопланктона и массовых видов смещен на осенне-зимний период. Сезонные изменения численности планктонных животных в прибрежной зоне заметно отличаются от ситуации, характерной для открытых районов океана. Причина, вероятно, в том, что планктон района исследований состоит в основном из видов океанических, в массе встречающихся далеко от берега и на больших глубинах.

Влияние градиента условий по направлению от суши к открытому морю выражается только в изменении вертикального распределения зоопланктона (увеличение глубины максимума обилия), а также его общего обилия (оно снижается в направлении открытого моря). Влияние открытого океана прослеживается в увеличении видового разнообразия на мористой станции.

Полученные результаты не подтверждают четко выраженного тренда в сторону потепления климата в регионе, возможно, из-за малого и прерывистого периода наблюдений, а в большей степени свидетельствуют о наличии характерных межгодовых колебаний – чередования теплых и холодных годов.

*Статья подготовлена с использованием данных, полученных по итогам работ в рамках государственного контракта от 26.08.2011 № 16.518.11.7093 по теме «Развитие приборной базы и проведение исследований в полярных областях Мирового океана с использованием уникальной установки научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» (УСУ НЭС «Академик Федоров»)» Министерства образования и науки Российской Федерации и в рамках проекта 4 подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронина Н.М.* Экосистемы пелагиали Южного океана. М.: Наука, 1984. 208 с.
- Галкин Ю.И.* Колебания климата и многолетние изменения биомассы бентоса в Баренцевом море // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука, 1987. С. 90–122.
- Галкин Ю.И.* Многолетние изменения донной фауны в переходных биогеографических районах на примере моллюсков Баренцева моря // Жизнь и среда полярных морей. Л.: Наука, 1989. С. 157–164.
- Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: Изд. ВНИРО, 1971. 82 с.
- Кутчева И.П., Примаков И.М.* К вопросу о репрезентативности сборов зоопланктона в ловах сетями с различным размером ячеи фильтрующего конуса (0,08 и 0,168 мм) // Вест. Санкт-Петербургского университета. 2001. Сер. 3. Вып. 4 (№ 27). С. 76–79.
- Меньшенина Л.Л.* Сезонная динамика массовых веслоногих ракообразных в заливе Адмиралтейства (о-в Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) // Антарктика. 1995. Вып. 33. С. 107–121.
- Поважный В.В.* Гидробиологические наблюдения на станции Беллинсгаузен в период работы 52-й РАЭ // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 3 (83). С. 49–63.
- Тихоненков Д.В.* Сезонные изменения сообществ протозоопланктона и зоопланктона в прибрежной зоне острова Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2011. № 1 (87). С. 88–101.
- Усов Н.В.* Сезонная динамика обилия зоопланктона в бухте Ардли (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские о-ва) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 77. С. 97–106.
- Усов Н.В.* Репрезентативность сборов, выполненных планктонными сетями с разным размером ячеи // II науч. конфер. «Экологические исследования беломорских организмов». 18–22 июля 2007 г. Тез. докл. БС ЗИН РАН, мыс Каргеш. СПб., 2007. С. 138–139.
- Atkinson A.* Life cycle strategies of epipelagic copepods in the Southern Ocean // J. Marine Systems. 1998. Vol. 15. P. 289–311.
- Cook A.J., Fox A.J., Vaughan D.G., Ferrigno J.G.* Retreating Glacier Fronts on the Antarctic Peninsula over the Past Half-Century // Science. 2005. Vol. 308. P. 541–544.
- Cushing D.H.* The long-term relationship between plankton and fish // ICES J. of Marine Sci. 1995. Vol. 52. № 3–4. P. 611–626.
- Gross L.* As the Antarctic ice pack recedes, a fragile ecosystem hangs in the balance // PloS Biology (Electronic journal) – 2005. Vol. 3. № 4. P. 557–561.
- Menshenina L.L., Rakusa-Suszczewski S.* Zooplankton changes during the year in Admiralty bay (February 1990 – January 1991) // Pol. Arch. Hydrobiol. 1993. Vol. 39. № 1. P. 65–76.
- Pakhomov E. A., Fuentes V., Schloss I., Atencio A., Esnal G.B.* Beaching of the tunicate *Salpa thompsoni* at high levels of suspended particulate matter in the Southern Ocean // Polar Biol. 2003. Vol. 26. P. 427–431.
- Russell F.S., Southward A.J., Boalch G.T., Butler E.I.* Changes in biological conditions in the English Channel off Plymouth during the last half century // Nature. 1971. Vol. 234. № 5330. P. 468–470.
- Schnack-Schiel Sigrud B., Hagen W.* Life-cycle strategies of *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus* and *Metridia gerlachei* (Copepoda: Calanoida) in the eastern Weddell Sea, Antarctica // ICES J. Mar. Sci. 1995. Vol. 52. № 3–4. P. 541–548.
- Thatje S., Fuentes V.* First record of anomuran and brachyuran larvae (Crustacea: Decapoda) from Antarctic waters // Polar Biol. 2003. Vol. 26. P. 279–282.
- Turner J., Colwell S.R., Marshall G.J., Lachlan-Cope T.A., Carleton A.M., Jones P.D., Lagun V., Reid P.A., Iagovkina S.* Antarctic climate change during the last 50 years // Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 279–294.

**SEASON AND INTRAANNUAL DINAMICS OF SPECIES COMPOSITION  
AND ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE ARDLEY INLET  
(KING GEORGE ISL., SOUTH SHETLAND ISLANDS)**

*During five years (2006–2010) the monitoring of zooplankton, water temperature and salinity has been conducted in Ardley Inlet (Antarctica, South Shetland Islands, King-George Isl.). Zooplankton and hydrology were sampled in three points at different distance from shore. Seasonal variations of temperature and salinity are rather small (–1,6... 2,1 °C; 33,4–35,5 ‰), probably because of intensive water exchange between the Ardley Inlet and open ocean waters. So are differences between five years of observations. Seasonal changes of zooplankton abundance are very high – from near absence in the spring and beginning of summer to hundreds of individuals per m<sup>3</sup> in autumn and winter. However year to year changes of numbers of abundant species are insignificant. Only rare species demonstrate high variability from year to year. Species richness is lower near shore than in the center of inlet, which is indicative of significance of the open ocean waters influence in the Ardley Inlet.*

**Keywords:** Antarctica, King George Island, zooplankton, species composition, abundans, biomass.