

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОБИЛИЯ ЗООПЛАНКТОНА В БУХТЕ АРДЛИ (ОСТРОВ КИНГ-ДЖОРДЖ, ЮЖНЫЕ ШЕТЛАНДСКИЕ ОСТРОВА)

Н. В. УСОВ

Зоологический институт РАН

В течение года, с 20 февраля 2006 г. по 6 февраля 2007 г., в бухте Ардли (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские о-ва) велся сбор проб зоопланктона на двух станциях, расположенных на разном расстоянии от берега. Выявлены особенности горизонтального распределения зоопланктона: количество видов возрастает, а суммарное обилие убывает по мере удаления от берега. Закономерности в вертикальном распределении зоопланктона не прослеживаются. В течение года наблюдаются два основных максимума обилия зоопланктона: в марте и июне–июле. В начале мая глубже 10 м имеет место дополнительный пик численности. Обнаружено сходство динамики численности доминантных видов с глубоководным заливом Адмиралтейства, расположенным на том же острове.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних лет в районе Антарктического полуострова наблюдается значительное потепление климата и связанное с этим таяние ледников [10, 12]. Последнее сопровождается чувствительными изменениями в прибрежных сообществах [12, 14], так как при таянии льда происходит опреснение поверхностного слоя и увеличение концентрации взвеси, которая губительна для многих животных [14]. Рост температуры, вызывающий указанные изменения, может приводить также к появлению видов-вселенцев из более теплых регионов [16], что нарушает баланс в сообществе. К сожалению, наблюдения за прибрежными морскими экосистемами в данном районе были фрагментарны (почти все исследования проводили с судов) и не представляют полной картины изменений. В этом отношении важен непрерывный мониторинг этого сообщества в прибрежной зоне, наиболее подверженной влиянию факторов, связанных с потеплением, таких как таяние ледников и вызванное этим увеличение берегового стока. 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 [3, 4], так и на планктон [11, 15]. Наиболее интересен в этом отношении планктон, так как эта группа организмов наиболее мобильна и чувствительна к разным внешним (абиотическим) воздействиям. Именно на этой группе и будет сосредоточено проводимое исследование. В основу работы легли данные наблюдений за зоопланктоном в прибрежье острова Кинг-Джордж в течение года. Сбор проб проводится и в настоящее время, и существуют планы по продолжению непрерывных наблюдений в течение нескольких лет. Цель работы на первом этапе – анализ изменений численности зоопланктона в течение года на разном удалении от берега в прибрежной зоне острова Кинг-Джордж.

Работы выполнялись в соответствии с Планом НИОКР по проекту 11 (2.2.7.1.) «Провести комплексное изучение антарктической биоты» и по проекту 2 направ-

ления I «Современный климат» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан» и в соответствии с международным проектом МПГ (Международный полярный год) «ClicOPEN» (Impact of CLimate induced glacial melting on marine and terrestrial COastal communities on a gradient along the Western Antarctic PENinsula), направленным на оценку воздействия таяния ледников на морские и прибрежные экосистемы района Антарктического полуострова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Динамику и распределение прибрежного сетного зоопланктона наблюдали на двух станциях, на разном удалении от берега в районе ст. Беллинсгаузен (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские о-ва). Одна станция (Ст. I), глубиной ок. 60 м, расположена в открытой части бухты Ардли (62° 12' 09" ю.ш., 58° 56' 22" з.д.), другая (ст. II), глубиной около 25 м, – у берега (62° 12' 20" ю.ш., 58° 56' 51" з.д.). Расположение станций показано на рис. 1. Работы вели в течение года (февраль 2006–февраль 2007 гг.) с периодичностью раз в 10–14 дней. Из-за сложных ледовых условий пробы не отбирали с июля по октябрь.

Пробы планктона собирали малой сетью Джели (диаметр входного отверстия 0,26 м, размер ячеей фильтрующего конуса 200 мкм) по слоям 10–0, 25–10 и 50–25 м на глубоководной станции и 10–0 и дно (22–25 м) – 10 м у берега. Всего собрано и обработано 84 количественные пробы зоопланктона. Пробы планктона фиксировали 4 %-ным формалином и обрабатывали по стандартной методике ВНИРО [5]. 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 опре-



Рис. 1. Расположение планктонных станций (Ст. I и Ст. II) в бухте Ардли

деления солености. Соленость измеряли с помощью кондуктометра YSI. В общей сложности в течение года выполнено около 150 измерений температуры и солености. Прозрачность воды измерялась с помощью диска Секки, когда позволяло волнение. Всего за год сделано пять измерений на двух станциях, так как практически постоянно работать приходилось в условиях довольно интенсивного волнения. Статистическую обработку проводили, используя программу MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологические параметры

Изменения солености в течение периода наблюдений не превышали 1 ‰: от 33,6 до 34,3 ‰ (рис. 2). При этом различия между прибрежной и мористой станциями на разных горизонтах незначительны, в пределах сотых долей промилле (табл. 1). Не существует также резкого вертикального градиента – наибольшая разность между максимальной и минимальной соленостью на одной станции составляла 0,4 ‰ (табл. 1).

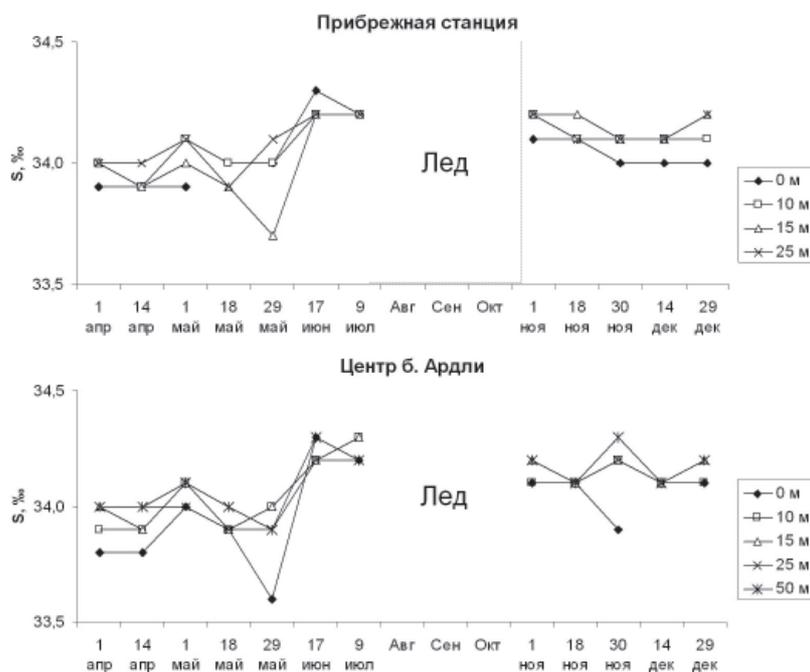


Рис. 2. Сезонный ход изменений солености в бухте Ардли. «Лед» – период, в течение которого бухта была покрыта льдом

Таблица 1

Среднегодовые значения температуры и солености на разных горизонтах

Горизонт, м	Температура		Соленость	
	Прибрежье	Центр бухты	Прибрежье	Центр бухты
0	0,94	0,82	34,04	33,98
10	0,62	0,59	34,08	34,08
15	0,66	0,54	34,06	34,10
25	0,71	0,50	34,09	34,08
50		0,50		34,12

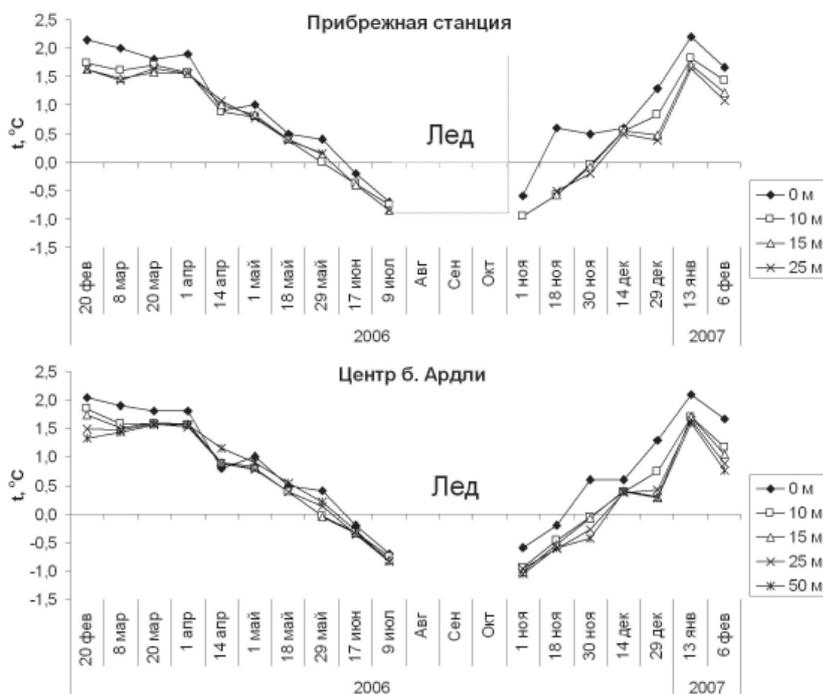


Рис. 3. Сезонный ход изменений температуры в бухте Ардли. Обозначения – см. рис. 1

Изменения температуры воды в течение периода наблюдений укладываются в диапазон от минус 1,1 °С (1 ноября 2006 г., Ст. II, 50 м) до +2,2 °С (13 января 2007 г., Ст. I, 0 м). Отрицательные значения на планктонных станциях имели место в мае–июле и ноябре (рис. 3). В период с июля по октябрь, когда наблюдения на стандартных точках не проводили из-за наличия непрочного ледового покрова, температуры также были ниже нуля. В этот период велись измерения поверхностной температуры у берега (данные океанолога 51-й РАЭ А.А.Орупа). Согласно этим данным, среднемесячные температуры на поверхности в июле, августе и сентябре были самыми низкими в течение года (1,6–1,3 °С), а в отдельные дни в июне–августе опускались до 1,8 °С.

Разность температур между станциями не превышала десятых долей градуса, увеличиваясь с глубиной (табл. 1), причем на прибрежной станции температуры, как правило, были выше. Вертикальный градиент температуры достигал 1,2 °С в ноябре на прибрежной станции – в ноябре и декабре имели место максимальные значения этого параметра. Однако закономерность проследить трудно, так как величина градиента сильно варьировала от даты к дате. Минимальные значения градиента наблюдались в конце лета, осенью и зимой.

Несколько раз в течение года, когда позволяло волнение, была измерена прозрачность воды. Различия между станциями не превышали одного метра, при этом в среднем более прозрачной оказалась прибрежная станция.

Зоопланктон

За период наблюдений в районе исследований обнаружены 16 видов планктонных животных и 6 более крупных таксономических групп, которые не были определены до вида (табл. 2). Самым многочисленным видом в районе является

Таблица 2

**Виды и группировки животных, обнаруженные в зоопланктоне.
Средние и максимальные доли их численностей в суммарной численности зоопланктона**

Вид (группа)	Средняя доля	Максимальная доля	Встречаемость	
			Прибрежье	Центр бухты
Copepoda				
<i>Ctenocalanus citer</i>	8,0 %	50,0 %	+	+
<i>Microcalanus pigmaeus</i> ⁴	< 1 %	13,3 %	+	+
<i>Stephos longipes</i> ⁴	1,0 %	20,0 %	+	+
<i>Metridia gerlachei</i>	5,2 %	44,4 %	+	+
<i>Rhincalanus gigas</i>	< 1 %	1,1 %	–	+
<i>Scolecithricella sp. (?)</i> ³			–	+
<i>Gaetanus sp. (?)</i> ³			–	+
<i>Oithona similis</i>	63,7 %	100,0 %	+	+
<i>Oithona frigida</i>	< 1 %	14,3 %	+	+
<i>Oncaea curvata</i> ¹	3,2 %	50,0 %	+	+
<i>Oncaea antarctica</i> ¹	< 1 %	1,5 %	–	+
Harpacticoida gen. sp. (бентосные)	3,3 %	33,3 %	+	+
Euphausiacea				
<i>Thysanoessa macrura (furcilia)</i>	< 1 %	8,3 %	–	+
Appendicularia				
<i>Fritillaria borealis</i>	< 1 %	22,2 %	+	+
<i>Oicopleura dioica</i>	< 1 %	5,9 %	+	+
Chaetognatha				
<i>Eukrohnia hamata</i>	< 1 %	2,6 %	–	+
Личинки				
Polychaeta	3,6 %	100 % ²	+	+
Bivalvia	< 1 %	2,4 %	+	–
Echinodermata	< 1 %	3,3 %	+	+
Ascidia – яйца	6,5 %	88,2 %	+	+
Ascidia	< 1 %	3,0 %	–	+
Nemertinea	1,4 %	100 % ²	–	+

¹ – *Oncaea* spp. – только половозрелые особи;

² – личинки Polychaeta и Nemertinea: в отдельных пробах не было ничего, кроме 1–3-х личинок;

³ – обнаружено по 1–2 особи, определение предварительное;

⁴ – предварительное определение.

Oithona similis, за которой по численности следуют *Ctenocalanus citer* и *Metridia gerlachei*. Все эти виды – представители класса Copepoda. Данный таксон является, по сути, основой зоопланктона в изученной акватории, составляя около 90 % численности (табл. 2). Отмечены также несколько видов из отряда Harpacticoida, однако все они – донные. Кроме этой группы доля в планктоне только личинок Polychaeta и Nemertinea превышает 1 % (табл. 2). Следует обратить внимание на высокие максимальные значения доли личинок Polychaeta и Nemertinea и некоторых других в планктоне (до 100 %). Это результат того, что в некоторых пробах либо вообще не было других животных, либо их было очень мало. В относительно больших количествах встречались яйца Ascidia (до 30 экз./м³). Фуцилии *Thysanoessa macrura* встречены лишь один раз, 14 апреля, на мористой станции в слоях 25–10 и 50–25 м.

Таблица 3

Среднегодовые значения численности (экз./м³) и средняя доля в суммарной численности зоопланктона самых многочисленных группировок

	Станция I (прибрежная)			Станция II (центр бухты)				
	0–10 м	10–25 м	0–25 м	0–10 м	10–25 м	25–50 м	0–25 м	0–50 м
Зоопланктон	61	57	59	38	57	50	47	48
Calanoida	10	12	11	8	11	15	10	11
Cyclopoida	47	41	45	26	44	31	35	34
Copepoda	57	53	55	33	55	46	44	45
Calanoida	16,4 %	20,9 %	18,6 %	21,3 %	19,3 %	29,8 %	21,1 %	22,8 %
Cyclopoida	77,0 %	71,5 %	76,0 %	69,2 %	77,2 %	61,6 %	74,0 %	70,4 %
Copepoda	93,4 %	92,4 %	92,9 %	87,8 %	96,5 %	91,4 %	93,0 %	93,1 %

Несколько животных пока не определены до вида (*Gaetanus* sp., *Scolecithricella* sp.). Определение двух видов – *Stephos longipes* и *Microcalanus pigmaeus* вызывает сомнение, так как они очень похожи друг на друга, особенно в неполовозрелом состоянии. Для окончательного определения животные отправлены специалисту.

Изменения видового разнообразия прослеживаются в пределах самой бухты, по мере удаления от берега и увеличения глубины. Так, на прибрежной станции было встречено меньше видов планктонных животных, чем в открытой части бухты: 14 и 21 соответственно. Однако различия видового состава между станциями касаются только малочисленных видов, встреченных в единичных количествах. Из животных, встреченных в прибрежье, только личинки *Bivalvia* не отмечены в центре бухты, но это была единственная особь.

Количественные различия на двух станциях прослеживаются лучше всего в слое 10–0 м. Глубже нет практически никаких различий. В поверхностном слое на прибрежной станции количество животных в 1 м³ значительно выше, чем в открытой части бухты (табл. 3). При этом наибольшие различия прослеживаются в обилии представителей отряда Cyclopoida.

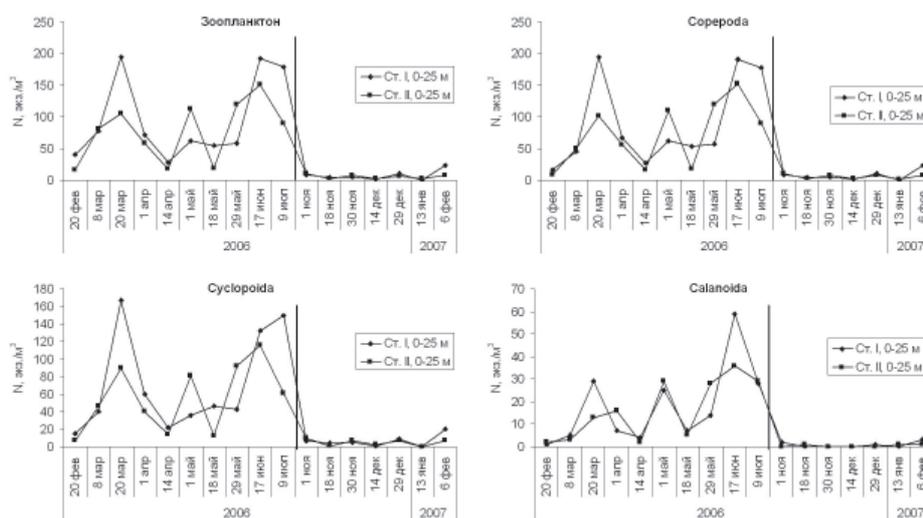


Рис. 4. Динамика суммарной численности зоопланктона и наиболее многочисленных групп в течение 2006–начала 2007 гг. Ст. I и Ст. II – наименования станций. Вертикальной линией показан перерыв в пробоотборе (с июля по октябрь), когда море было покрыто льдом

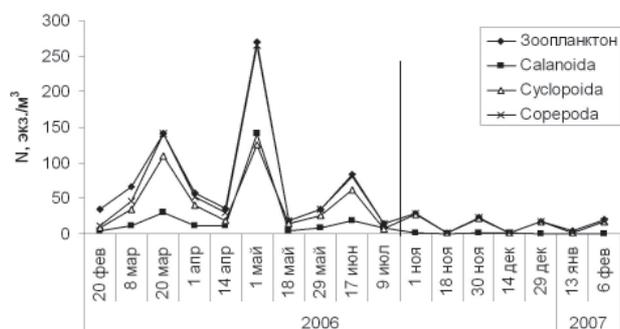


Рис. 5. Динамика суммарной численности зоопланктона и массовых групп в слое 25–50 м в открытой части бухты Ардли. Обозначения как на рис. 4

На рис. 4 представлен сезонный ход изменений суммарной численности зоопланктона и массовых группировок в слое 0–25 м на обеих станциях. Данный горизонт глубин выбран с целью сравнения двух станций, поскольку на прибрежной глубина не превышает 25 м. Период высокого обилия зоопланктона пришелся на осень – начало зимы. Зарегистрировано два всплеска численности: в марте и июне–июле. Скачок обилия отмечен также 1-го мая на мористой станции, причем в слое 25–50 м этот скачок выражен сильнее, чем предыдущий и последующий (рис. 5). В конце зимы, весной и в начале лета обилие зоопланктона было крайне низким (менее 10 экз./м³) и лишь в начале февраля начало расти. То же

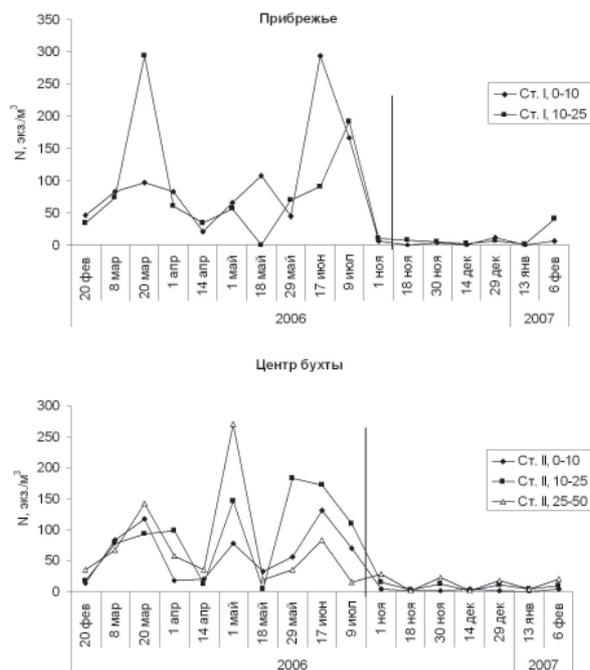


Рис. 6. Динамика суммарной численности зоопланктона в разных горизонтах водной толщи и на разном удалении от берега. Обозначения как на рис. 4

самое можно сказать про динамику представителей Calanoida и Cyclopoida по отдельности, так как это самые многочисленные группировки в планктоне.

Планктонные личинки встречались в течение всего года, но численность их была крайне низка и в сумме не превышала 4 экз./м³. Однако в планктоне в феврале и марте отмечено значительное количество яиц асцидий, которые осенью встречались в единичных количествах и отсутствовали весной и в начале лета. Сами личинки попадались лишь два раза, в марте и июне, в мористой точке.

Сложно говорить о динамике остальных таксономических групп, так как они присутствовали в планктоне в единичных количествах в разное время года. Некоторую закономерность можно проследить лишь в динамике суммарной численности Appendicularia: представители этой группы встречены в планктоне только в марте, апреле и мае.

Изменения суммарного обилия зоопланктона и массовых группировок были в общем сходными на двух станциях. Только на станции в центре бухты отмечен скачок численности 1 мая, чего не было в прибрежной точке. Динамика малочисленных видов различалась сильнее, однако преждевременно говорить о достоверности обнаруженных различий.

Вертикальное распределение зоопланктона не демонстрирует четких закономерностей (рис. 6). То же характерно и для обилия основных таксономических групп. Вероятно, причина этого — в отсутствии выраженных вертикальных градиентов температуры и солености.

ОБСУЖДЕНИЕ

Состав зоопланктона в бухте Ардли в значительной степени обеднен по сравнению с глубоководными районами. В глубоководной части залива Адмиралтейства того же о-ва Кинг-Джордж отмечено 162 вида и группы более высокого ранга, из которых только Soropoda 31 вид [6, 13]. Похожая закономерность наблюдается и в бухте Ардли: на удаленной от берега глубокой станции видовое разнообразие заметно больше.

Обилие животных в бухте Ардли и заливе Адмиралтейства сравнивать невозможно, так как в заливе сборы велись по другой схеме и другими орудиями лова. Однако есть возможность сравнить сезонные изменения в планктонном сообществе. Динамика численности следующих видов сходна в этих двух местах: *Metridia gerlachei*, *Oithona similis* и *Oithona frigida*. Численность *Ctenocalanus citer* в бухте Ардли изменяется в течение года только с одним растянутым максимумом в мае–июле, тогда как в заливе Адмиралтейства существует два пика: в апреле–мае и октябре–ноябре. Два вида из отмеченных в бухте Ардли имеют иную сезонную динамику в заливе: *Oncaea curvata* и *Microcalanus pigmaeus*. У обоих видов в заливе Максвелла сезонный максимум отмечен весной, в октябре–декабре, тогда как в бухте Ардли в максимальном количестве они встречены осенью, в начале мая. Сравнение динамики остальных видов не представляется корректным, так как они встречены в бухте Ардли в единичных количествах. Однако летние исследования, проведенные в более мелководной части залива Адмиралтейства (бухта Эскурра (Ezcurra)) указывают на наличие максимума суммарного обилия зоопланктона в феврале и небольших пиков биомассы и численности в декабре и январе [9]. По материалам различных экспедиций была прослежена динамика суммарного обилия зоопланктона в разных широтных поясах Южного океана [2]. В зоне, где находится о-в Кинг-Джордж, отмечено два пика обилия зоопланктона: весенний (ноябрь), и летне-осенний (март–апрель). Такие различия результатов разных исследований, вероятно, являются следствием непродолжительности наблюдений, а не только географических различий. Для полноты картины сезонной динамики необходимо иметь ряд непрерывных наблюдений в течение нескольких лет. Год от года может меняться как ход сезонных изменений, так и их амплитуда. Так,

мониторинг зоопланктона в тех же широтах Северного полушария показал высокую межгодовую изменчивость его обилия, вертикального и горизонтального распределения [1, 7, 8]. Изменчивость динамики зоопланктона в районе исследований может быть обусловлена свободным водообменом с открытым океаном, в результате чего в бухту заносятся особи извне. На возможность интенсивного обмена с океаном указывает равномерность вертикального и горизонтального распределения солености в бухте Ардли, а также открытость бухты и частые шторма.

Однако, несмотря на однородность водной массы в бухте Ардли, прослежены различия качественных и количественных показателей зоопланктона на разном удалении от берега. По мере удаления от берега увеличивается число видов, что связано, прежде всего, с увеличением глубины, благодаря чему в открытой части бухты встречаются более глубоководные виды: *Rhincalanus gigas*, *Scolecithricella* sp., *Gaetanus* sp. и др. Численность зоопланктона в поверхностном 10-метровом слое, напротив, несколько снижается при движении от берега. При этом различия температуры и солености на этих двух станциях не превышают 0,2 °С и 0,4 ‰ соответственно. Это можно объяснить постоянной ветровой нагрузкой и открытостью бухты. Анализ прозрачности указывает на большую ее величину у берега. Однако достоверность различий сомнительна, так как близость суши и меньшая глубина должны, по идее, приводить к увеличению количества взвеси в воде. Следовательно, данный фактор нельзя принимать в качестве объяснения описанных различий.

Более глубокий анализ влияния описанных здесь и других факторов требует более длительных исследований. Программу мониторинга зоопланктона в бухте Ардли планируется продолжить и расширить для того, чтобы понять не только механизмы, движущие изменениями в сообществе на локальном уровне, но и влияние климатических флуктуаций. Последнее особенно актуально в связи со значительными изменениями климата в районе западного сектора Антарктики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Температурный режим исследованной акватории характеризуется выраженной сезонностью с максимальными температурами в конце лета — начале осени и минимальными — зимой. Сезонные колебания солености крайне незначительны, так же как и вертикальные и горизонтальные градиенты, что позволяет предположить наличие интенсивного перемешивания водной толщи. Вероятно, в этом участвуют как значительное ветровое воздействие, так и приливные течения.

Гомогенность толщи воды, по всей вероятности, является причиной практически равномерного вертикального распределения зоопланктона. Однако существует горизонтальный градиент качественных и количественных показателей. Так, видовое разнообразие увеличивается по мере удаления от берега, что связано, вероятно, с влиянием открытого океана, а также с увеличением глубины. При этом обилие зоопланктона уменьшается в том же направлении. Объяснение последнего требует дальнейших наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков А.И., Прыгункова Р.В. Аномалии сезонного развития зоопланктона и гидрологических условий в губе Чупа Белого моря: Тез. докл. симпозиума «Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана». Ленинград, 1974. Л.: Наука, 1974. С. 99–100.
2. Воронина Н.М. Годовой цикл планктона в Антарктике // Основы биологической продуктивности океана и ее использование. М.: Наука, 1971. С. 64–71.
3. Галкин Ю.И. Колебания климата и многолетние изменения биомассы бентоса в Баренцевом море // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука, 1987. С. 90–122.

4. 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.
5. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Л.: Наука, 1969. 657 с.
6. Меньшенина Л.Л. Сезонная динамика массовых веслоногих ракообразных в заливе Адмиралтейства (остров Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) // Антарктика. 1995. Вып. 33. С. 107–121.
7. Прыгункова Р.В. Межгодовые изменения сезонных миграций у *Pseudocalanus elongatus* в Белом море // Биология моря. 1979. № 1. С. 10–16.
8. Прыгункова Р.В. О некоторых причинах межгодовых изменений распределения зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря // Биология моря. 1985. № 4. С. 9–16.
9. Chojnacki J., Weglenska T. Periodicity of composition, abundance, and vertical distribution of summer zooplankton (1977/1978) in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay (King George Island, South Shetland) // J. Plan. Res. 1984. Vol. 6. № 6. P. 997–1017.
10. 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. № 5721. P. 541–544.
11. Cushing D.H. The long-term relationship between plankton and fish // ICES Journal of Marine Science. 1995. Vol. 52. № 3–4. P. 611–626.
12. 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.
13. 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.
14. 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. № 6. P. 427–431.
15. 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.
16. Thatje S., Fuentes V. First record of anomuran and brachyuran larvae (Crustacea: Decapoda) from Antarctic waters // Polar Biol. 2003. Vol. 26. № 4. P. 279–282.

N.V.USOV

SEASONAL EVOLUTION OF ZOOPLANKTON AMOUNT IN ARDLI BAY (KING GEORGE ISL., SOUTH SHETLAND ISLANDS)

Zooplankton sampling was carried out during the year from 20 February 2006 to 6 February 2007 in Ardley Cove (King-George Island, South Shetland Islands) at two different distances from the shore. It was found that species number rises but total abundance declines with distance from shore. No pattern was found in vertical distribution of zooplankton. Two major peaks of zooplankton numbers were traced during the year: in March and June-July with one less prominent in the beginning of May in water layers below 10 m depth. Season dynamics of the most abundant species was discovered to be similar to that in the much deeper Admiralty Bay, located on the same Island.