

ХАРАКТЕРИСТИКА КРИОПЕЛАГИЧЕСКОЙ ФАУНЫ СОВРЕМЕННОГО МОРСКОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

д-р биолог. наук И.А.МЕЛЬНИКОВ, науч. сотр. Т.Н.СЕМЕНОВА

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Москва, migor39@yandex.ru

Выполнено исследование видового состава криопелагической фауны в околополюсном районе Северного Ледовитого океана в период работ Панарктической ледовой дрейфующей экспедиции в 2007–2011 гг. Горизонтальные сборы фауны с нижней поверхности льда, проводившиеся водолазным методом, сопровождалась вертикальными сетными ловами планктона в слое 50–0 м для идентификации постоянных и временных обитателей криобиологического биоценоза. Общий список идентифицированных животных насчитывает 29 таксономических единиц, среди которых 20 выявлено на поверхности льда и 24 – в водном слое 50–0 м. Сходство между фаунами двух рассматриваемых групп по индексу Соренсена составляет 0,5. Выявлено заметное различие в качественном и количественном составе криопелагической фауны за пятилетний период наблюдений. Фауна в 2007–2011 гг. была бедна и малочисленна: отмечены только 5 видов, из которых амфинода *Apherusa glacialis* и циклопоида *Oithona similis* встречались ежегодно, а каланоиды *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus* и циклопоида *Oncaea borealis* были встречены по одному разу. Выявлено заметное различие в видовом составе биологических сообществ, связанных с обитанием на нижней поверхности льда в 70–80-х годах прошлого века и в настоящем исследовании: из 10 видов беспозвоночных – амфиноды *A. glacialis*, *Gammarus wilkitzkii*, *Gammaracanthus loricatus*, *Metopa Af. wiesci*, *Neupleustes sp.*, *Pseudalibrotus nanseni*, мизиды *Mysis polaris*, гарпактикоиды *Tisbe furcata*, копеподы *Jaschnovia johnsoni* (= *J. brevis*) и полихеты *Antionella sarsi* – постоянные массовые представители фауны в этом биотопе в 1977–1981 гг., в исследовании 2007–2009 гг. встречены только *A. glacialis*, *G. wilkitzkii* и *T. furcata*, причем два последних вида были отмечены только один раз за весь период наблюдений. Выявленные различия в составе криопелагической фауны, по нашему мнению, можно связать со сменой доминирования многолетних льдов сезонными льдами в современном ледяном покрове Центрального Арктического бассейна. После потери физического субстрата, связанного с деградацией многолетнего льда, большинство животных ледовой экологической группировки, вероятно, не смогли быстро перейти от связанного со льдом типа обитания к планктонному образу жизни, требующему, вероятно, длительного времени для адаптации к новой среде.

Ключевые слова: Центральный Арктический бассейн, морской лед, криофауна, планктон, численность, биомасса.

ВВЕДЕНИЕ

Морской лед играет важную роль в поддержании стабильности состава биоты и структуры экосистемы пелагиали Северного Ледовитого океана (СЛО) и, особенно, его центральной части – Арктического бассейна. В последнее десятилетие наметился четкий тренд в сторону уменьшения его площади, и в настоящее время

она составляет около 50 % площади бассейна в период минимального развития льда в сентябре [Алексеев, 2003; Гудкович и др., 2005; Фролов и др., 2009; Alekseev et al., 2007]. Сокращение ледяного покрова приводит, соответственно, к появлению в бассейне равного по площади свободного ото льда водного пространства. На основании аэрокосмических наблюдений установлено перестроение в качественном и количественном составе ледяного покрова СЛО, проявляющееся в уменьшении доли многолетних и соответствующем увеличении доли сезонных льдов [Alekseev et al., 2007; Comiso and Parkinson, 2004; Naas et al., 2010]. Поскольку функциональные особенности экосистемы многолетнего и сезонного льда заметно различаются [Мельников, 2008], то можно предполагать возможные изменения в составе биологических сообществ, обитающих в этих различных ледовых средах. Прежде всего это касается видового состава криопелагической фауны. По А.П. Андрияшеву [Андрияшев, 1967], это разнообразная группа беспозвоночных и рыб, биотопически связанная с ледовым субстратом на границе раздела лед–вода.

Видовой состав и структура криопелагических сообществ многолетнего льда СЛО были достаточно подробно исследованы на материалах, полученных в Центральном Арктическом бассейне на дрейфующих станциях «Северный полюс-22, 23, 24» в 1977–1981 гг. [Мельников, 1984, 1989; Мельников, Куликов, 1980; Melnikov, 1989]. Характерной особенностью состава криопелагической фауны многолетнего льда является одновременное существование животных двух различных экологических группировок: автохтонной и аллохтонной. Первая включает беспозвоночных животных, главным образом амфипод, жизненный цикл которых постоянно связан с поверхностью льда, а вторая – временных обитателей, в основном планктонных копепод, появление которых у льда чаще всего связано с сезонными миграциями животных с глубины к поверхности, где происходит их размножение и рост в автотрофный период развития экосистемы морского льда. Видовой состав автохтонной группировки криопелагической фауны устойчиво сохраняется в географических масштабах СЛО, и различия наблюдаются лишь в составе аллохтонной группы, в зависимости от видового состава планктона того места, где находился в тот момент лед, например, на акватории мелководных арктических морей или глубоководного Арктического бассейна [Мельников, 1989].

Однако до сих пор нет данных о видовом составе криопелагической фауны сезонных льдов, формирующихся на открытой воде в зимний период. Можно предположить, что их состав будет определяться в первую очередь планктонной фауной верхнего подледного слоя воды того географического района СЛО, где этот лед образует. Принимая во внимание заметное возрастание доли сезонных льдов, важно оценить их роль в формировании качественного и количественного состава криопелагической фауны в современном морском ледяном покрове центральных районов СЛО, что стало целью настоящего исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу исследования положены сборы криопелагической и планктонной фауны в околополюсном районе СЛО в период дрейфа Панарктической ледовой экспедиции (ПАЛЭКС) в 2007–2011 гг. [URL: www.paicex.ru] (рис. 1).

Отбор проб криопелагической фауны проводили во время водолазных погружений под ровным недеформированным льдом через специально оборудованную для водолазных работ лунку, используя сачок с входным отверстием 40×20 см и



Рис. 1. Дрейф Панарктической ледовой экспедиции в 2007–2011 гг. в околополюсном районе СЛО. Время и координаты отбора проб приведены в табл. 1.

фильтрующим конусом из капронового сита с размером ячеек 150 мкм. Лов протяженностью 25 м осуществлялся по нижней поверхности льда так, чтобы выдыхаемый водолазом воздух не попадал на облавливаемую поверхность. Для этих целей сачок максимально удалялся от водолаза в момент лова. Протяженность лова оценивалась по длине маркированного страховочного фала, выпускаемого от границы лунки к водолазу. После окончания лова входное отверстие сачка перекрывали и пробу поднимали на поверхность.

Горизонтальные сборы фауны с поверхности льда сопровождалась вертикальными ловами планктона для учета влияния последнего на состав криопелагической фауны. Вертикальные ловы проводили сетью Джели с диаметром входного отверстия 37 см и фильтрующим конусом из капронового сита с размером ячеек 150 мкм в специально оборудованной палатке с лебедкой, обеспечивающей подъем сети со скоростью 0,5 м/с. Во всех случаях ловы выполнялись тотально без замыкания сети по горизонтам в соответствии с вертикальным распределением гидрофизических характеристик водных масс в районе проведения экспедиций.

Таблица 1

Время и координаты отбора проб криопелагической фауны на нижней поверхности льда и планктона в слое 0–50 м, выполненные в 2007–2011 гг.

Год	Криофауна			Планктон		
	Дата	Широта	Долгота	Дата	Широта	Долгота
2007	25.04	88° 58' с.ш.	10° 03' з.д.	22.04	89° 09' с.ш.	0° 49' в.д.
2008	03.04	88° 52' с.ш.	10° 31' в.д.	05.04	88° 34' с.ш.	16° 02' в.д.
2009	07.04	89° 46' с.ш.	46° 17' в.д.	07.04	89° 46' с.ш.	46° 17' в.д.
2010	07.04	89° 24' с.ш.	119° 22' в.д.	03.04	89° 27' с.ш.	88° 57' в.д.
2010	09.04	89° 12' с.ш.	129° 45' в.д.	07.04	89° 24' с.ш.	119° 22' в.д.
2010	10.04	89° 10' с.ш.	133° 41' в.д.	09.04	89° 12' с.ш.	129° 45' в.д.
2011	09.04	89° 08' с.ш.	136° 22' в.д.	10.04	89° 10' с.ш.	137° 22' в.д.

Горизонтальные и вертикальные ловы выполняли, как правило, в течение 1–2 суток и в пределах одного и того же ледяного поля. Фауну фиксировали 4 % формальдегидом.

В условиях стационара все пробы обрабатывали под бинокляром с использованием камеры Богорова. Предварительно из каждой пробы выбирали, просчитывали и измеряли с точностью до 1 мм всех животных крупнее 5 мм. Из оставшейся пробы (при высокой численности организмов) штемпель-пипеткой отбирали определенную фракцию и подсчитывали всех животных крупнее 0,3 мм с дальнейшим пересчетом их численности на всю пробу. Численно бедные пробы просчитывались тотально. Всех животных мельче 5 мм измеряли с точностью до 0,25 мм; копепод подсчитывали отдельно по возрастным стадиям. Для расчета биомассы животных использовали литературные данные по индивидуальным сырым весам [Грузов, Алексеева, 1971; Канаева, 1962; Численко, 1968].

В данной работе у двух основных представителей планктонной и криопелагической фауны – амфипод и копепод – все половозрелые самки и самцы объединены в группу «взрослые», а ювенильные особи на всех стадиях развития в группу «молодь». Обилие криопелагической и планктонной фауны выражено в единицах веса животных под квадратным метром: для криопелагической фауны это количество рассчитывалось на облавливаемую площадь, составляющую 10 м² при длине лова 25 м и ширине сачка 0,4 м, а для планктона это обилие под квадратным метром облавливаемого водного слоя протяженностью 50–0 м сетью Джеди с входным отверстием 0,1 м².

В данном исследовании морские ледовые термины даются в соответствии с «Международной номенклатурой морских льдов» [Волков, Трешников, 1969], а термины и номенклатура по ледовой биоте в соответствии с рекомендацией рабочей группы SCOR “Sea Ice Ecology” [Horner et al., 1992].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Определены видовой состав и биомасса криопелагической и планктонной фауны за период 2007–2011 гг., результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Видовой состав и биомасса (мг/м²) криопелагической и планктонной фауны по данным наблюдений за период 2007–2011 гг. в околополюсном районе СЛО

Виды	Стадии	2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.		2011 г.	
		0 м	50–0								
<i>Gammarus wilkitzkii</i>	ad							1243			
<i>Apherusa glacialis</i>	ad							68			
<i>A. glacialis</i>	juv	3		0,1	2	0,02		3,8	4	2	
<i>Calanus glacialis</i>	ad	0,13	71	0,13	372		304		34		68
<i>C. glacialis</i>	juv						59				22
<i>Calanus finmarchicus</i>	ad		29				14		14		
<i>C. finmarchicus</i>	juv						8				
<i>Metridia longa</i>	ad		87	0,11					14		87
<i>M. longa</i>	juv		56		10		10				63
<i>Chiridius obtusifrons</i>	ad		92								
<i>Lysianassidae, genus sp.</i>	juv							0,1			
<i>Microcalanus sp.</i>	ad							0,03			

Окончание табл. 2

Виды	Стадии	2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.		2011 г.	
		0 м	50–0								
<i>M. calanus sp.</i>	juv							0,01			
<i>Pseudocalanus minutus</i>	ad			0,11	0,8				1		0,03
<i>P. minutus</i>	juv										1
<i>Aetideidae sp.</i>	juv		0,3								3
<i>Paraeuchaeta glacialis</i>	ad		180				180				180
<i>P. glacialis</i>	juv		24		49		24				146
<i>Heterohabdus norvegicus</i>	ad						12				
<i>H. norvegicus</i>	juv						10				
<i>Spinocalanus longicornis</i>	ad		10				0,4	0,01	0,8		0,4
<i>S. longicornis</i>	juv		5,6								
<i>Scaphocalanus brevicornis</i>	ad						4				
<i>Scaphocalanus magnus</i>	juv							0,16			
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	ad		0,9		1		2,2		1,2		1
<i>M. pygmaeus</i>	juv		0,5		4,3		3,6				2,6
<i>Eurytemora richingsi</i>	juv							0,26			
<i>Calanoida genus sp.</i>	juv							0,02			
<i>Oithona similis</i>	ad		6,2	0,02	0,35	0,005	5,3	0,02	11,5	0,01	4,7
<i>O. similis</i>	juv	0,001	2	0,01	3,24	0,002	5,24	0,01		0,001	3,02
<i>Oncaea notopus (=parila)</i>	ad		1,2		0,7		0,2	0,01	1,1	0,001	0,3
<i>O. notopus (=parila)</i>	juv		0,16		0,2						
<i>Oncaea borealis</i>	ad					0,001	0,2	0,006	1,5		0,3
<i>Mormonilla polaris</i>	ad						0,4	0,004	23,2		
<i>Cyclopina genus sp.</i>	ad							0,001			
<i>Tisbe furcata</i>	juv		0,6					0,02		0,03	
<i>Boroecia sp.</i>	juv		151		46,4		128	0,01		0,005	69,6
<i>Eukrohnia hamata</i>	juv		22,2		6		12	0,06	40	0,05	2
<i>Fritillaria genus sp.</i>	juv							0,005			
<i>Clione limacina</i>	juv						0,5		0,5		0,5
<i>Euphausiacea furcilla</i>	juv									0,03	
Суммарная биомасса, мг/м ²		3,13	740	0,48	496	0,03	783	72,5	150	29,1	654

Примечание. В колонке 0 м за 2010 г. дается средняя биомасса животных криопелагической фауны по трем горизонтальным ловам на нижней поверхности льда; биомасса *G. wilkitzkii* обсуждается в тексте.

Общий список идентифицированных животных насчитывает 29 таксономических единиц, среди которых 20 выявлено на поверхности льда и 24 – в водном слое 50–0 м. По числу видов доминируют Copepoda – Calanoida (14), Cyclopoida (5) и Amphipoda (2). Другие группы: Copepoda Harpacticoida, Euphausiacea, Ostracoda, Chaetognatha, Pteropoda и Appendicularia – были представлены по одному виду и встречались редко и малочисленно. Общими для обеих групп являются 11 видов: амфипода *Apherusa glacialis*, каланоиды *Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus*, *Spinocalanus longicornis*, циклопоиды *Oithona similis*, *Oncaea borealis*, *Oncaea notopus (=parila)*, гарпактикоида *Tisbe furcata*, остракода *Boroecia sp.* и хетогната

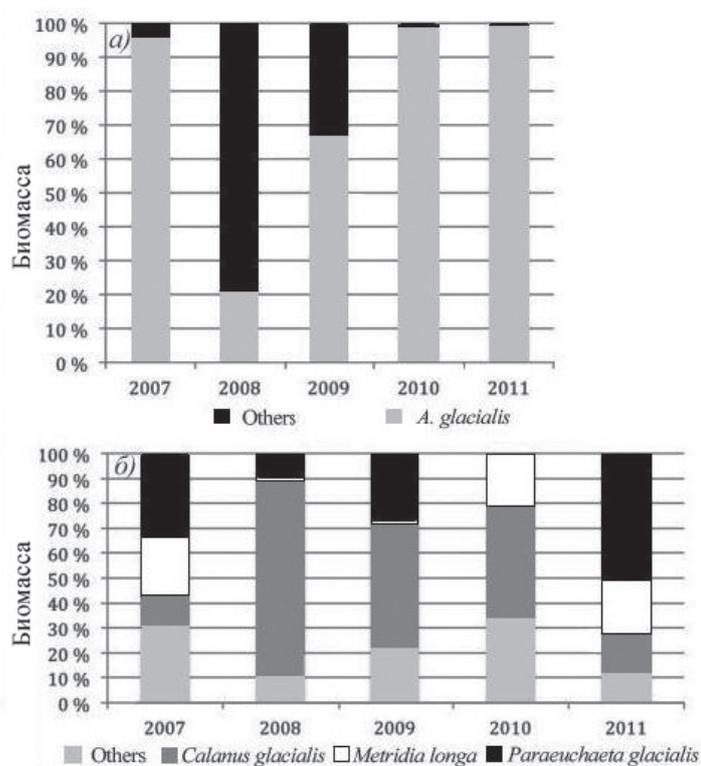


Рис. 2. Вклад доминирующих видов в биомассу криопелагической фауны (слой 0 м) и планктонной фауны (слой 0–50 м).

Eukrohnia hamata. Сходство между фаунами двух рассматриваемых групп по индексу Соренсена составляет 0,5.

В криопелагической фауне только два вида – амфипода *Apherusa glacialis* и циклопоида *Oithona similis* – отмечены на всех стадиях жизненного цикла животных в течение всего периода наблюдений. Взрослый экземпляр гаммаруса *Gammarus wilkitzkii* был отмечен в горизонтальных ловах только один раз за весь период наблюдений, и в данном случае он не учитывался в расчете общей биомассы криопелагической фауны в ловах на нулевом горизонте за 2010 г., поскольку его вес на три порядка перекрывал массу остальных животных. Без учета биомассы гаммаруса, основной вклад в биомассу криопелагической фауны вносит амфипода *A. glacialis* и циклопоида *O. similis*, составляя более 90 % суммарной биомассы всех животных на нижней поверхности льда (рис. 2а). В планктонной фауне массовыми видами были *Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Paraeuchaeta glacialis*, *Spinocalanus longicornis*, *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similis*, *Boroecia sp.* и *Eukrohnia hamata*. Животные других таксономических групп встречались единично 1–2 раза за весь период наблюдений. Копеподы *Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Paraeuchaeta glacialis* и *Spinocalanus longicornis* составляли более 70 % всей биомассы планктона в слое 50–0 м (рис 2б).

Выявлено заметное различие в качественном и количественном составе криопелагической фауны за пятилетний период наблюдений. Фауна в 2007–2009 гг. была бедна и малочисленна: отмечены только 5 видов, из которых амфипода *A. glacialis* и циклопоида *O. similis* встречались ежегодно, а копеподы *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus* и циклопоида *Oncaea borealis* были встречены по одному разу. Суммарная биомасса животных в это период составляла 3,13, 0,48 и 0,03 мг/м², что значительно ниже суммарной биомассы животных в период 2010–2011 гг., 42,2 и 29,2 мг/м² соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании все наблюдения были выполнены в пределах мезомасштабного полигона в период максимального развития ледяного покрова. Единство места, времени, а также методов сбора и обработки собранных материалов позволяет с достаточной уверенностью оценивать состояние водно-ледовой системы и связанный с ней видовой состав криопелагических и планктонных сообществ.

По данным прямых измерений, средняя толщина льда составила 177 см ($n = 33$), 181 см ($n = 203$), 183 см ($n = 40$), 162 см ($n = 23$) и 147 см ($n = 17$), соответственно в 2007, 2008, 2009, 2010 и 2011 гг. Для периода 2007–2009 гг. характерно незначительное колебание средней толщины льда и заметное уменьшение в период 2010–2011 гг. За пятилетний период наблюдений было выявлено увеличение встречаемости группы льдов толщиной 140–160 см и уменьшение доли льдов толщиной 240–300 см. Первая группа представляет сезонные льды, а вторая – многолетние, поскольку они различаются по солёности в верхних слоях льда: высокие величины у первых и низкие у вторых [Мельников, 2008]. Выявленные изменения толщины льда, встречаемости сезонных и многолетних льдов в околополюсном районе хорошо согласуются с данными космического мониторинга [URL: <http://nsidc.org/data/seaice>]. СТД-зондирование 0–400 м водного слоя показало характерную для Центрального

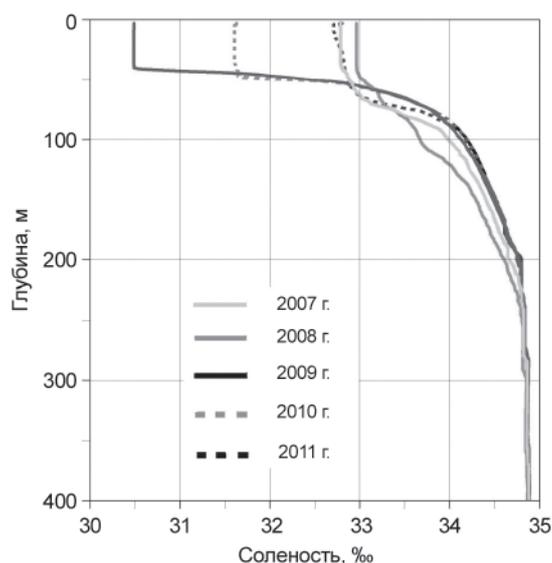


Рис. 3. Вертикальные распределения солёности в слое 0–400 м по данным СТД-зондирования, выполненных в один и тот же день 14 апреля в 2007–2011 гг. в экспедиции ПАЛЭКС.

Арктического бассейна структуру водных масс: 1) поверхностная арктическая водная масса; 2) промежуточная тихоокеанского происхождения и 3) теплая атлантическая вода (рис. 3). Заметные изменения солёности были выявлены в верхнем перемешанном 50–0 м водном слое: в период 2007–2008 гг. значения солёности практически совпадали (около 33 ‰), в 2009 г. резко снизились на 2,5 ‰ и в 2011 г. солёность вернулась к исходным значениям. Таким образом, за пятилетний период в околополюсном районе СЛО были отмечены изменения физических характеристик, как в ледяном покрове, так и в верхнем контактирующем со льдом водном слое, причины которых здесь не обсуждаются, поскольку эта тема выходит за рамки настоящего исследования.

В последнее десятилетие выявлено заметное изменение качественного и количественного состава биоты морского льда Центрального Арктического бассейна по сравнению с составом в конце прошлого столетия. Такие массовые представители интерстициальной фауны, как фораминиферы, тинтиниды, водные клещи, нематоды, турбеллярии, коловратки, копеподы и амфиподы, связанные с обитанием в толще многолетнего льда [Мельников, 1989], в настоящее время встречаются редко или в виде отдельных фрагментов тел этих организмов (собственные неопубликованные данные). Аналогичные изменения отмечены и в составе криопелагической фауны: из 10 видов беспозвоночных – амфиподы *Apherusa glacialis*, *Gammarus wilkitzkii*, *Gammaracanthus loricatus*, *Metopa Af. wiesci*, *Neupleustes sp.*, *Pseudalibrotus nanseni*, мизиды *Mysis polaris*, гарпактикоида *Tisbe furcata*, копепода *Jaschnovia brevis* (= *johnsoni*) и полихета *Antionella sarsi*, – постоянных обитателей криопелагического биоценоза в 1977–1981 гг., в период 2007–2011 гг. встречены только *A. glacialis*, *G. wilkitzkii* и *T. furcata*, причем два последних вида были отмечены только один раз за весь период наблюдений в двух разных ловах. Чтобы понять причины выявленных различий, необходимо рассмотреть особенности состава и динамики современного ледяного покрова СЛО, а также особенности формирования и функционирования экосистемы многолетнего и сезонного льда.

В середине прошлого века наиболее устойчивой частью ледяного покрова СЛО были многолетние льды, которые концентрировались главным образом в Арктическом бассейне, составляя 70–80 % его площади [Захаров, 1981]. Именно эта возрастная группа арктического льда являлась основой постоянно сохраняющихся льдов в СЛО. Межгодовая изменчивость их площади, по данным спутниковых наблюдений в те годы, не превышала 2 % [Carsey, 1982], что означало относительную стабильность их распределения в СЛО. Вторая по встречаемости возрастная группа – сезонные льды. Они доминировали в основном на акватории арктических морей, которые П.А.Гордиенко [Гордиенко, 1958] называл морями-производителями сезонных льдов, поскольку именно здесь происходит основное образование льдов этой возрастной группы, часть из них попадает затем в Трансарктическую транзитную зону. Их площадь в Арктическом бассейне составляла от 6 до 17 % [Wittmann, Schule, 1967].

Начиная с конца прошлого века ледяной покров СЛО динамично изменяется, и в его составе происходит смена доминирования многолетних льдов сезонными льдами. Так, по спутниковым оценкам, за последние десять лет площадь многолетних льдов в Арктическом бассейне сократилась до 6 % с максимальной концентрацией в районе Канадского Арктического архипелага [Миронов и др., 2013; URL: <http://nsidc.org/data/seaice>]. В период летнего ледотаяния площадь свободного от льда пространства в Арктическом бассейне превышает 50 %, причем главным образом на акватории

Амеразийского суббассейна, где происходит формирование льда в зимний период, т.е. свободная от льда акватория Амеразийского суббассейна – это та «новая» дополнительная площадь, где формируются сезонные льды в зимний период. Остаточные после летнего таяния сезонные льды занимают в основном площадь Евразийского суббассейна. Таким образом, по спутниковым оценкам площадь сезонных льдов в период максимального развития ледяного покрова составляет в настоящее время более 90 % площади Центрального Арктического бассейна и в будущем будет состоять из более тонкого льда [Рыжов, 2013].

В условиях квазистационарного климата, многолетний морской лед – это целостная и устойчивая во времени экологическая система с постоянным видовым составом флоры и фауны [Мельников, 1989]. Ее устойчивость сохраняется за счет поддержания среднеравновесной толщины, вследствие летнего стаивания сверху и зимнего компенсационного нарастания снизу [Зубов, 1945]. Эта способность сохранять свою среднеравновесную толщину имеет важное экологическое значение. Оно выражается в том, что биологическая структура населяющих лед сообществ сохраняется вследствие встречного пассивного и/или активного движения самих организмов, обитающих как в толще льда, так и на его нижней (морской) поверхности, сверху вниз. В летний период функционирования экосистемы льда происходит мощное накопление органического вещества в его толще за счет фотосинтеза ледовой флоры, сопоставимое по количеству вещества в водах высокопродуктивных районов Мирового океана. Эта накопленная органика в автотрофный период является своеобразным депо энергии для криопелагической фауны в зимний гетеротрофный период функционирования экосистемы [Мельников, 1989].

Напротив, сезонные льды – это зависимая и неустойчивая во времени экосистема. Формирование сезонных льдов начинается осенью на открытой воде и продолжается зимой в полярную ночь. Когда образуются первые слои, то в ледовую кристаллическую структуру механически захватываются планктонные организмы, находящиеся в данный момент в воде. Поскольку качественный и количественный состав планктона в воде в осенне-зимний период беден, то количество включенных в лед организмов оказывается невелико. Вероятно, поэтому весной, в период максимального развития льда, в его толще встречаются единичные клетки водорослей, простейших и отдельные экземпляры беспозвоночных организмов, механически включенные в структуру льда в период зимнего роста. Концентрация органического вещества в сформировавшемся льду невелика по сравнению с таковым в многолетних льдах и в воде подо льдом [Мельников, 1989].

Сравнивая механизмы формирования этих двух типов морского льда, можно заключить, что главной причиной выявленных различий между составом криопелагической фауны морского льда в 1977–1981 гг. и последнего десятилетия является то, что в основе сравнения две разные по структуре и функционированию экосистемы многолетнего и сезонного морского льда. Первая имеет постоянный, а вторая – изменчивый характер состояния физического субстрата, с которым биотопически связаны животные криопелагического сообщества. Первая богата питательными веществами, способна поддержать многообразие криопелагических обитателей, а вторая прошла только зимнюю (темновую) стадию развития, когда нет фотосинтеза и, как следствие, недостаточно органики для поддержания пищи животных в этом биотопе. Непонятно, почему только единственный самый массовый и чаще встречающийся вид

среди амфипод из автохтонной группировки *A. glacialis* сохранился у льда, причем отмеченный на всех возрастных стадиях, в то время как другие представители не наблюдались. Любопытно также и то, что все другие животные из этой экологической группировки не были отмечены в планктонных ловах в слое 50–0 м, а также в слое 300–0 м (собственные неопубликованные данные). Можно предположить, что утрата многолетнего льда как физического субстрата не способствовала выживанию этих животных в водной среде. Такие беспозвоночные, как, например, гаммарус *G. wilkitzkii*, которых J. Barnard [Barnard, 1959] называл «анакатобентос», т.е. бентос, ходящий вверх ногами, вероятно, не способны вести планктонный образ жизни. Непонятна также «судьба» таких массовых видов, как амфиподы *Pseudalibrothus nansenii*, мизиды *Mysis polaris* и копеподы *Jaschnovia brevis* (= *johnsoni*), все взрослые и молодь которых постоянно встречались в слое воды, контактирующем со льдом круглый год в 1977–1981 гг., но не были обнаружены в горизонтальных подледных и вертикальных планктонных ловах за весь период наблюдений в 2007–2011 гг. Можно предположить, что после потери физического субстрата, связанного с деградацией многолетнего льда, большинство животных автохтонной экологической группировки не смогли быстро перейти от «бентосного» к планктонному образу жизни, требующему, вероятно, длительного времени для адаптации к новой среде.

Таким образом, в современном морском ледяном покрове Центрального Арктического бассейна сосуществуют две различные по составу и функционированию экологические системы многолетнего и сезонного льда. Поскольку доля первой динамично уменьшается и одновременно возрастает доля последней, то на данном этапе происходит постепенное перестроение в экосистеме пелагиали СЛО. Действительно, в пищевой сети экосистемы многолетнего льда криопелагическая фауна занимает второй трофический уровень, являясь звеном в передаче энергии от продукции, создаваемой ледовыми водорослями, к высшим звеньям трофической сети. Экосистема сезонного льда имеет неустойчивое во времени состояние. Она формируется в зимний период, когда фотосинтез отсутствует, что отражается на количестве органического вещества во льду. Можно предположить, что скудность пищевых ресурсов в такой системе является одной из причин бедности качественного и количественного состава криопелагической фауны сезонных льдов. Если наблюдаемая динамика сохранится, то такой цикл развития может привести к перестроению всей трофической структуры СЛО и, возможно, отразится на высших звеньях трофической сети, включая рыб, птиц и млекопитающих.

Данная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 12-05-00219. Авторы выражают благодарность сотрудникам ИО РАН А.Г.Тимонину за оказанную помощь в обработке планктона по материалам ПАЛЭКС-2007 г. и С.В.Писареву за предоставленные данные по гидрофизике, полученные в период ПАЛЭКС 2007–2011 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Г.В. Исследования изменений климата Арктики в XX столетии // Труды ААНИИ. 2003. Т. 446. С. 6–21.
- Андряшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с Антарктическим припайным льдом // Зоологический журнал. 1967. Т. 44. Вып. 10. С. 1585–1593.
- Волков Н.А., Трешников А.Ф. О новой международной номенклатуре морских льдов // Проблемы Арктики и Антарктики. 1969. № 32. С. 55–64.

Гордиенко П.А. Дрейф льдов в центральной части Северного Ледовитого океана // Проблемы Севера. 1958. № 1. С. 75–88.

Грузов Л.Н., Алексеева Л.Г. О зависимости между весом и длиной тела у основных групп зоопланктона экваториальной Атлантики // Труды АтлантНИРО. 1971. Вып. 37. С. 378–400.

Гудкович З.М., Карклин В.П., Фролов И.Е. Внутривековые изменения климата, площади ледяного покрова Евразийских арктических морей и их возможные причины // Метеорология и гидрология. 2005. № 6. С. 5–14.

Захаров В.Ф. Льды Арктики и современные природные процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 136 с.

Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: ГУСМП, 1945. 360 с.

Канаева И.П. Средний вес *Soropoda* центральной и северной Атлантики, Норвежского и Гренландского морей // Труды ВНИРО. 1962. Т. 46. С. 453–466.

Кособокова К.Н. Зоопланктон Арктического бассейна: Структура сообществ, экология, закономерности распределения. М.: ГЕОС, 2012. 272 с.

Мельников И.А. Об особенностях распределения и поведения массовых видов криопелагической фауны под дрейфующим арктическим льдом // Зоол. журнал. 1984. Т. 63. № 1. С. 86–89.

Мельников И.А. Экосистема арктического морского льда. М.: ИО РАН, 1989. 191 с.

Мельников И.А. Современная экосистема арктического морского льда: динамика и прогноз // Докл. РАН. 2008. Т. 423. № 6. С. 1–4.

Мельников И.А., Куликов А.С. Криопелагическая фауна Центрального Арктического бассейна // Биология Центрального Арктического бассейна / Под ред. М.Е.Виноградова, И.А.Мельникова. М.: Изд-во «Наука», 1980. С. 97–111.

Миронов Е.В., Гудкович З.М., Карклин В.П., Лосев С.М., Смоляницкий В.М. Анализ состояния ледяного покрова Арктического бассейна, сценарий возможных изменений в ближайшие годы и оценка потенциального района организации дрейфующих станций // Российские полярные исследования. 2013. № 1 (11). С. 13–15.

Рыжов И.В. Экспедиция «ICEARC-27-3» на борту НИЛ «Полярштерн» // Российские полярные исследования. 2013. № 1 (11). С. 15–17.

Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тел. Л.: Изд-во «Наука», 1968. С. 1–106.

Фролов С.В., Федяков В.Е., Третьяков В.Ю., Клейн А.Э., Алексеев Г.В. Новые данные об изменении толщины льда в Арктическом бассейне // Докл. РАН. 2009. Т. 425. С. 104–108.

Alekseev G.V., Kuzmina S.I., A.P. Nagurny A.P., Ivanov N.E. Arctic sea ice data sets in the context of climate change during the 20th century // Series: Advances in Global Change Res. 2007. Vol. 33. P. 47–63.

Barnard J.L. Epilagic and under-ice amphipods of the central Arctic basin // Geoph. Res. Papers. № 63. Sci. Studies at Fletcher's ice Island. N/S/ 1952–1955. 1959. Vol. 1. P. 115–129.

Carsey F.D. Arctic sea ice distribution at end of summer 1973–1976 from satellite microwave data // J. Geophys. Res. 1982. Vol. 89. P. 7245–7258.

Comiso J.C., Parkinson C.L. Satellite observed changes in the Arctic // Phys. Today. 2004. Vol. 57. № 8. P. 38–44.

Haas C., Hendricks S., Eicken H., Herber A. Synoptic airborne thickness surveys reveal state of Arctic sea ice cover // Geophys. Res. Letters. 2010. Vol. 37. L09501.5. P. 13–21.

Horner R., Ackley S., Dieckmann S., Gulliksen B., Hoshiai T., Legendre L., Melnikov I., Reeburgh W., Spindler M., Sullivan C. Ecology of the sea ice biota. 1. Habitat, terminology, and methodology // Polar Biol. 1992. Vol. 12. P. 417–427.

Melnikov I.A. Ecology of Arctic Ocean cryopelagic fauna // Herman I (Ed.). The Arctic seas: climatology, oceanography, geology and biology. Van Nostrand Reinhold, New York, 1989. P. 235–255. Northern Hemisphere Trends in Extent. URL: [http:// nsidc.org/data/seaice](http://nsidc.org/data/seaice) [дата обращения 01.12.2013]

Wittmann W.I., Schule J.J.Jr. Comments of the mass budget of Arctic pack ice // Informal Report IR. N/67-17. Naval oceanographic office. Washington D.C. 1967. 20390. P. 30–41.

I.A.MELNIKOV, T.N.SEMENOVA

CRYOPELAGIC FAUNA OF RECENT SEA-ICE COVER OF THE CENTRAL ARCTIC OCEAN

*Camp EXPedition (PAICEX) in 2007-2011 have been investigated. Horizontal under-ice SCUBA diving catches were performed in parallel with vertical plankton net catches in the 0-50 m water column for identification of aborigine and immigrant animals of the cryopelagic community. Total list of indicated species is enumerated by 29 taxa in which the 20 were noticed on the under-ice surface and 24 in 0–50 m water column, respectively. The Sorensen similarity index between two groups is 0, 5. Remarkable differences by quality and quantity composition of the cryopelagic fauna during the 5-years period were observed. Fauna in the 2007–2009 periods were poor by number of species and individuals: only 5 species in which amphipod *Apherusa glacialis* and cyclopoid *Oithona similis* were yearly observed but copepods *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus* and cyclopoid *Oncaea borealis* were detected only once during the period of observation. The remarkable difference in species composition of the under-ice fauna during the 70-80th and the recent investigation were detected: from 11 invertebrate species – *Apherusa glacialis*, *Gammarus wilkitzkii*, *Gammaracanthus loricatus*, *Metopa af. wiesci*, *Neupleustes sp.*, *Pseudalibrotus nanseni*, *Mysis polaris*, *Tisbe furcata*, *Jaschovia johnoni* and *Antionella sarsi* – aborigine mass numbered fauna in 1977–1981 – in recent study, the *A. glacialis*, *G. wilkitzkii* u *T. furcata*, were observed by which the last two species were noticed only ones during period of observation. Revealed differences in cryopelagic species composition can be explained by changes in the recent sea-ice cover of the Central Arctic Ocean where the multi-year ice domination is changed by the seasonal ice. After degradation of the physical substrate, the benthic-type animals (like amphipods) were not able to acclimate so fast to the plankton type of life that is required more time for adaptation.*

Keywords: Central Arctic Ocean, sea ice, cryofauna, plankton, number.