

УДК 591.524.11(265.53)

Л.С. Белан¹, Т.А. Белан², А.В. Мощенко^{1*}

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690059, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17;

² Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт,
690091, г. Владивосток, ул. Фонтанная, 24

СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА В РАЙОНЕ ТРАССЫ МОРСКОГО ТРУБОПРОВОДА ПИЛЬТУН-АСТОХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ШЕЛЬФ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА) И ИХ МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Приводятся результаты исследований сообществ макрозообентоса, полученные в течение четырехлетних наблюдений (2007–2010 гг.) в районе трассы морского трубопровода на Пильтун-Астохском месторождении. На рассматриваемой акватории за исследуемый период в целом было зарегистрировано 272 вида донных животных. По числу видов доминировали бокоплавы (86 видов) и многощетинковые черви (72 вида). Общая биомасса бентоса в среднем составляла $669,7 \pm 40,3$ г/м², плотность поселения — $26556,4 \pm 2660,9$ экз./м². Численно доминировали кумовые раки и бокоплавы. Основу биомассы формировали морские ежи, двустворчатые моллюски и кумовые раки. На основе кластер-анализа выделено пять донных сообществ. Основными факторами, определяющими характеристики и распределение группировок бентоса, в настоящее время являются тип донных отложений и глубина моря.

Ключевые слова: макрозообентос, донные сообщества, Пильтун-Астохское месторождение, шельф северо-восточного Сахалина, Охотское море.

Belan L.S., Belan T.A., Moshchenko A.V. Macrozoobenthos communities in the area of marine pipeline route at Piltun-Astokhskoye oil field (shelf of northeastern Sakhalin) and their long-term variability // *Izv. TINRO.* — 2015. — Vol. 180. — P. 248–260.

Results of macrozoobenthos surveys (in total 86 stations, 432 sediment samples) in the area of marine pipeline route at Piltun-Astokhskoye oil field in July of 2007–2010 are presented. The sediment samples were collected by van Veen sampler (1–3 samples per site from the area 0.05 m², 0.11 m², or 0.25 m²) at the depth 0–45 m. The samples were washed by sea water through the sieve with mesh 1 mm, and the residues including macrobenthos were preserved by 4 % buffered formaldehyde for later processing with total identification of macrozoobenthos (species composition, abundance and biomass) in the

* Белан Людмила Сергеевна, аспирант, e-mail: belan_t@mail.ru; Белан Татьяна Алексеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: TBelan@ferhri.ru; Мощенко Александр Владимирович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: avmoshchenko@mail.ru.

Belan Ludmila S., postgraduate student, e-mail: belan_t@mail.ru; Belan Tatyana A., Ph.D., leading researcher, e-mail: TBelan@ferhri.ru; Moshchenko Alexander V., D.Sc., leading researcher, e-mail: avmoshchenko@mail.ru.

laboratories of Far-Eastern Research Hydrometeorological Institute and Institute of Marine Biology in Vladivostok, following to standard techniques. The data were analysed using the PRIMER software including multidimensional cluster analysis of samples by hierarchical agglomerative method of group-average linking based on Bray-Curtis similarity of the macrozoobenthos species composition by biomass. In total, 272 species of macrozoobenthos are identified at the surveyed area, with the highest species number for amphipods (86 species) and polychaetes (72 species). Mean total abundance of macrozoobenthos is 26556.4 ± 2660.9 ind/m², its mean total biomass is 669.7 ± 40.3 g/m². Cumaceans and amphipod crustaceans are the most numerous groups; sea-urchins, bivalves and cumaceans have the highest biomass. Five benthic communities are defined by cluster analysis. There is concluded that the bottom sediments and depth are the main factors determining the characteristics and distribution patterns of benthic assemblages at present time.

Key words: macrozoobenthos, benthic community, Piltun-Astokhskoye oil field, Sakhalin shelf, Okhotsk Sea.

Введение

Эстуарно-лагунные зоны являются уникальной частью акватории Мирового океана. В них наиболее интенсивно происходит продуцирование органического вещества, что существенно повышает продуктивность прилегающих открытых прибрежных вод (Кафанов и др., 2003). Комплекс природных условий заливов весьма благоприятен для воспроизводства и нагула промысловых видов (Иванков и др., 1999), в силу чего лагуны являются перспективными объектами не только для рыболовства, но и для организации хозяйств марикультуры по выращиванию беспозвоночных, а также для пастбищного рыбоводства (Бровко, Пешеходько, 1987).

Зал. Пильтун — самый крупный и фаунистически богатый в цепи лагунных заливов северо-восточного побережья Сахалина, он играет важную роль в экосистеме острова как место нереста, нагула и зимовки большого количества видов рыб, является единственной подтвержденной акваторией нагула охотско-корейской (западной) популяции серых китов, включает богатейшие водно-болотные угодья огромного количества местных и мигрирующих птиц различных видов. Здесь расположены традиционные рыболовные участки коренных жителей Сахалина — нивхов, которые до сих пор ведут промысел наваги, сельди, лосося, а также морского зверя.

На шельфе северо-восточного Сахалина активно ведутся работы по разведке, добыче и транспортировке энергоресурсов, что вызывает необходимость получения комплекса данных для экологического мониторинга.

К настоящему времени накоплен обширный материал, собранный в прибрежной зоне Пильтун-Астохского и Луньского месторождений в рамках проекта «Сахалин-2», но лишь небольшая часть его опубликована в открытой печати. Анализ этих исследований позволит получить детальную картину состава, распределения, разнообразия, изменчивости и других характеристик морского бентоса. Цель данной работы — рассмотреть результаты изучения состава, структуры и особенностей распределения сообществ макрозообентоса непосредственно в районе трассы подводного трубопровода Пильтун-Астохского месторождения в 2007–2010 гг.

Материалы и методы

Отбор проб выполняли в летний период 2007–2010 гг. дночерпательным методом по фиксированной схеме станций. Станции располагались на разрезах, проходящих по изобатам 0, 1, 3, 10, 15, 20, 25, 30, 33, 38, 40, 43, 44 и 45 м. На каждом разрезе станции находились на линии трубопровода (CL, Central Line), а также на расстояниях 250, 500 и 1000 м по обе стороны от трубопровода. На разрезах с 9-го по 18-й пильтунского трубопровода обследована зона на расстоянии 250 м по обе стороны от центральной линии (рис. 1). Согласно программе работ по три пробы

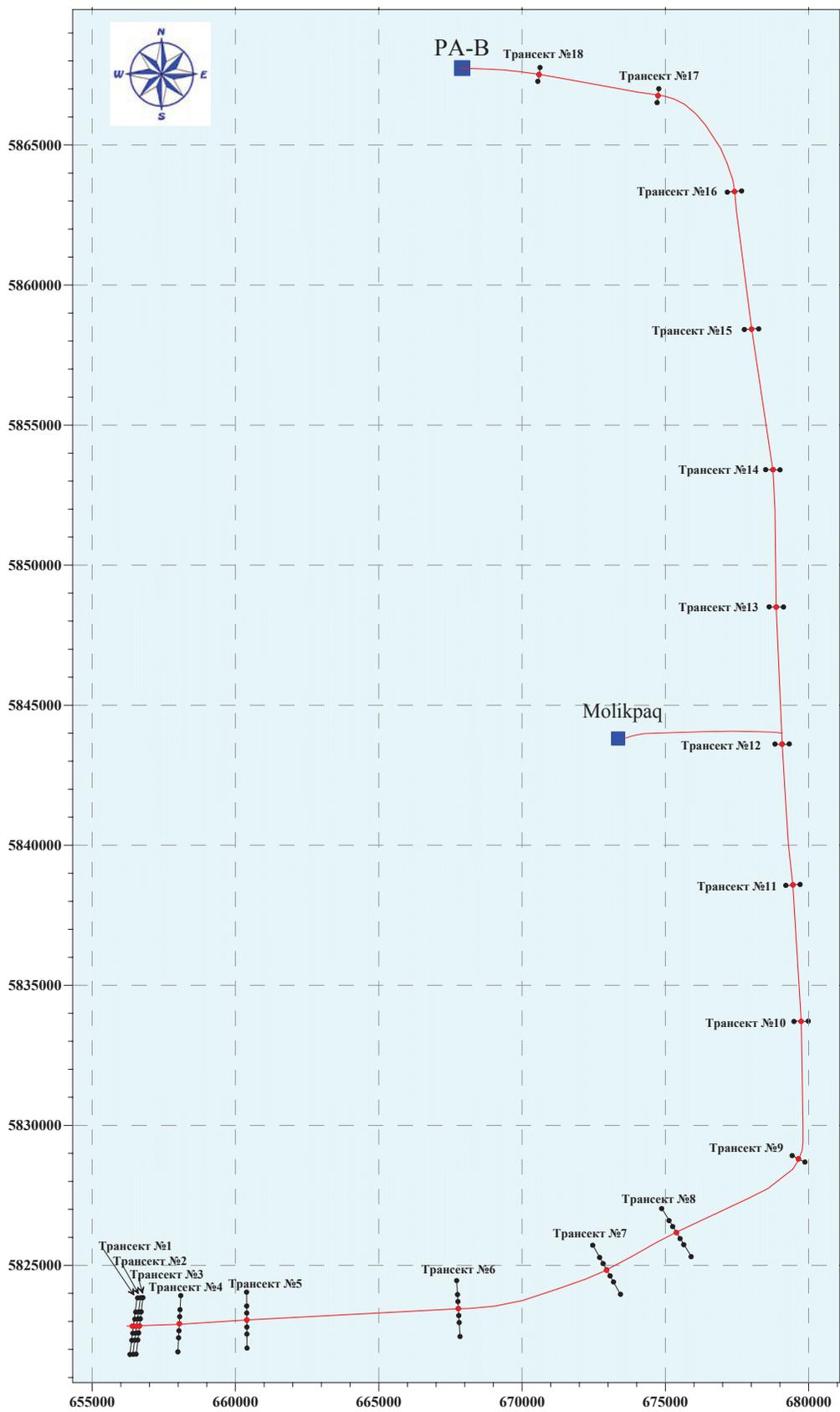


Рис. 1. Карта-схема расположения района работ и схема Пильтун-Астохского полигона
 Fig. 1. Scheme of surveys with location of stations and Piltun-Astokhskoye oil field

бентоса отбирали в точке CL, на остальных станциях — по одной пробе*. Всего отобрано и проанализировано 432 пробы в интервале глубин 0–45 м.

Грунт промывали через сито с ячейей 1 мм, организмы макробентоса фиксировали 4 %-ным буферным раствором формальдегида**. Для разграничения сообществ использовали кластер-анализ. Построение дендрограммы осуществлялось по методу средней связи***. Кластеры с уровнем сходства не менее 30–40 % относили к одному сообществу. Под термином сообщество, синонимом которого выступал термин группировка, подразумевали совокупность донных животных второго и третьего трофического уровней, населяющих определенный биотоп, характеризующуюся определенными количественными соотношениями между видами. Название сообществу присваивали по доминирующему по биомассе виду (Пропп, 1971; Нейман, 1988). Для анализа и интерпретации биологических данных использовался пакет прикладных программ PRIMER.

Результаты и их обсуждение

Донные отложения в рассматриваемом районе Пильтун-Астохского месторождения в 2007–2010 гг. были весьма разнообразны и представлены гравием песчаным, мелко-, средне-, крупнозернистыми, алевроитовыми и гравийными песками. В целом распределение грунтов в районе работ равномерно, большая часть дна покрыта песками разной степени крупности. Пятна гравийных грунтов приурочены лишь к прибрежной, северной и средней частям полигона, распределение доли алевропелитов более пятнистое, чем песков, с существенным повышением содержания частиц тонких фракций лишь на некоторых разрезах полигона. Исследуемый район является обычным для северо-восточного шельфа о. Сахалин по гранулометрическому составу и типам донных отложений. Гравийные и песчаные осадки разной крупности, а также низкое содержание частиц тонких (алевропелитовых) фракций как результат высокой гидродинамической активности наблюдали здесь и ранее (Современное осадкообразование ..., 1997; Отчет ДВНИГМИ, 2007–2010*).

На исследуемой акватории было идентифицировано 272 вида придонной макрофауны. По числу видов доминировали бокоплавы — 86 видов (32 % общего числа) и многощетинковые черви — 72 вида (26 %). В группе двустворчатых моллюсков идентифицировано 38 видов (14 %), брюхоногих моллюсков — 22 вида (8 %), кумовых раков — 8 видов (3 %), актиний — 8 видов (3 %), десятиногих раков — 9 видов (3 %). Остальные группы включали по одному-шесть видов. Самой высокой частотой встречаемости и обилием характеризовались пять групп — бокоплавы, многощетинковые черви, кумовые раки, двустворчатые моллюски и морские ежи (табл. 1).

* Отчет ДВНИГМИ. Результаты экологического мониторинга трассы морских трубопроводов на Луньском, Пильтун-Астохском месторождениях и в заливе Анива на этапе после завершения строительства в 2007 г. Владивосток: ДВНИГМИ, 2007. 117 с.; Отчет ДВНИГМИ. Результаты пост-строительного экологического мониторинга вдоль трасс морских трубопроводов на Луньском, Пильтун-Астохском месторождениях и в заливе Анива в 2008 году. Владивосток: ДВНИГМИ, 2008. 133 с.; Отчет ДВНИГМИ. Результаты пост-строительного экологического мониторинга вдоль трасс морских трубопроводов на Луньском, Пильтун-Астохском месторождениях и в заливе Анива в 2009 году. Владивосток: ДВНИГМИ, 2009. 191 с.; Отчет ДВНИГМИ. Результаты пост-строительного экологического мониторинга вдоль трасс морских трубопроводов на Луньском, Пильтун-Астохском месторождениях и в заливе Анива в 2010 году. Владивосток: ДВНИГМИ, 2010. 159 с.

** Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 239 с.; Recommended protocols for sampling and analyzing subtidal benthic macroinvertebrate assemblages in Puget Sound. Seattle: US EPA, 1987. Contract № 68-01-6938. 30 p.; Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part II. Biological Assessment of Marine Pollution with Particular Reference to Benthos: FAO Fisheries Technical Paper. 1992. № 324. 49 p.

*** UNEP. Statistical Analysis and Interpretation of Marine Community Data. UNEP Reference Methods for Marine Pollution Studies, 1995. № 64. 75 p.

Таблица 1

Состав и количественные характеристики макрозообентоса в сублиторальной зоне
Пильтун-Астохского месторождения в летний период 2007–2010 гг.

Table 1

Composition and quantitative parameters of macrozoobenthos in the subtidal zone
at Piltun-Astokhskoye oil field in (summer 2007–2010)

Группа	Частота встречаемости, %	Биомасса, г/м ²	Плотность поселения, экз./м ²
Amphipoda	93,9	26,4 ± 1,9	1794,9 ± 290,8
Cumacea	80,8	113,8 ± 12,3	24474,7 ± 2668,6
Polychaeta	76,2	8,4 ± 1,0	44,0 ± 3,4
Bivalvia	61,3	111,7 ± 17,0	24,8 ± 3,8
Echinoidea	60,4	356,4 ± 29,7	90,2 ± 10,3
Actiniaria	36,3	33,2 ± 4,0	50,3 ± 6,5
Mysidacea	35,2	1,8 ± 0,4	31,9 ± 5,1
Isopoda	22,4	2,1 ± 0,4	39,2 ± 10,6
Gastropoda	19,5	9,4 ± 3,0	1,4 ± 0,2
Nemertea	18,6	0,3 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Ascidia	10,2	0,2 ± 0,1	1,1 ± 0,4
Decapoda	7,3	1,4 ± 0,4	0,4 ± 0,1
Sipunculida	5,2	0,6 ± 0,2	0,4 ± 0,1
Pantopoda	3,5	0,001 ± 0,001	0,20 ± 0,08
Cirripedia	1,7	0,3 ± 0,2	1,5 ± 0,9
Ophiuroidea	1,2	0,02 ± 0,01	0,10 ± 0,05
Hydroidea	0,6	0,003 ± 0,002	–
Holothuroidea	0,3	0,0002 ± 0,0002	0,005 ± 0,005
Bryozoa	0,3	0,001 ± 0,001	–
Spongia	0,3	0,001 ± 0,001	–
Annelida	0,3	0,01 ± 0,01	0,3 ± 0,3
Всего		669,7 ± 40,3	26556,4 ± 2660,9

Примечание. Для биомассы и плотности поселения приведены средние значения ± стандартная ошибка.

Анализ частоты встречаемости всех видов показал, что основная часть видов (227) встречается редко ($P \leq 9\%$). Только 45 видов (16,5 % общего числа) имели частоту встречаемости более 10 %. Это три вида кумовых раков — *Diastylis bidentata*, *Diastylopsis dawsoni f. calmani*, *Lamprops quadriplicata f. typica*; два вида актиний — *Actiniaria* fam. gen. sp., *Halcampoides purpurea*; изопода *Synidotea cinerea*; мизида *Archaeomysis grebnitzkii*; плоский морской еж *Echinarachnius parma*; 3 вида двустворчатых моллюсков — *Megangulus luteus*, *Mactromeris polynuma*, *Mya* sp.; один вид немертин *Nemertea* fam. gen. sp., а также 23 вида бокоплавов и 10 видов полихет.

Величина общей биомассы бентоса на исследуемой акватории в 2007–2010 гг. изменялась в пределах от 598,5 г/м² (2007 г.) до 702,8 г/м² (2009 г.), в среднем составляя 669,7 ± 40,3 г/м² (рис. 2). Плотность поселения варьировала от 12714,9 экз./м² (2007 г.) до 39132,8 экз./м² (2009 г.) при среднем значении 26556,4 ± 2660,9 экз./м². Число видов изменялось от 140 до 167 при среднем значении 153, общее число обнаруженных видов на акватории Пильтун-Астохского месторождения в 2007–2010 гг. составило 272 (рис. 2).

Как показали наблюдения, в течение всего периода работ главными фаунистическими группами бентоса в исследуемом районе были: Actiniaria, Amphipoda, Cumacea, Bivalvia, Echinoidea, Gastropoda и Polychaeta, имеющие высокие значения биомассы, плотности поселения и частоты встречаемости.

Соотношение биомассы групп бентоса для акватории трубопровода за период 2007–2010 гг. представлено на рис. 3. В 2007–2010 гг. основную долю бентоса формировали три группы: плоские морские ежи, двустворчатые моллюски и кумовые раки, с каждым годом изменяя свой вклад в создание общей биомассы. С некоторыми колебаниями, но устойчиво высокой оставалась доля плоских морских ежей — 47–63 %, двустворчатых моллюсков — 14–25 % и кумовых — 9–25 %. Практически не изменялись и оставались небольшими доли актиний (4–6 %), полихет (1–2 %), брюхоногих моллюсков (1–3 %) и амфипод (3–5 %).

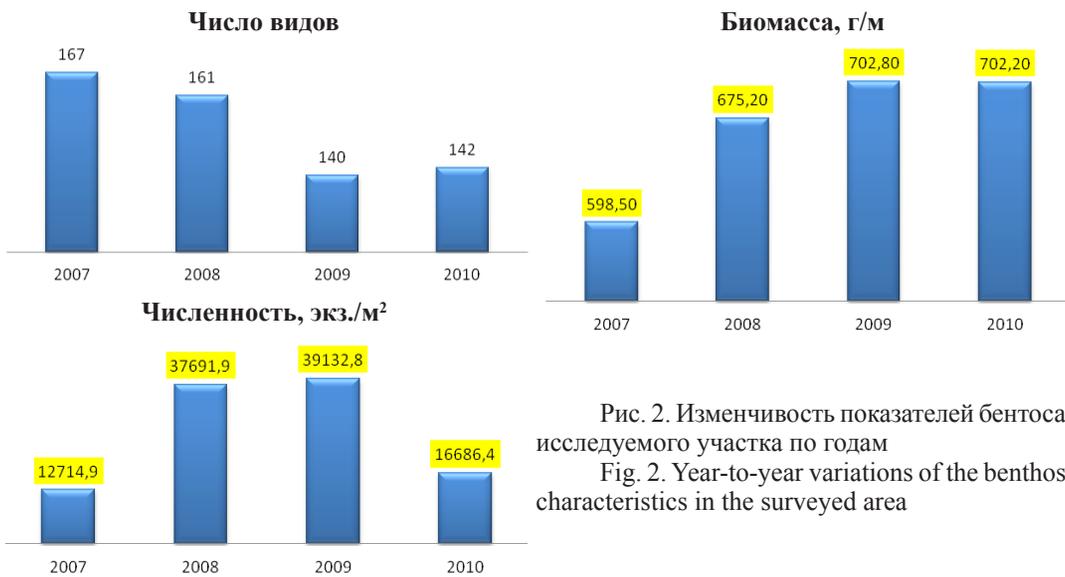


Рис. 2. Изменчивость показателей бентоса исследуемого участка по годам
 Fig. 2. Year-to-year variations of the benthos characteristics in the surveyed area

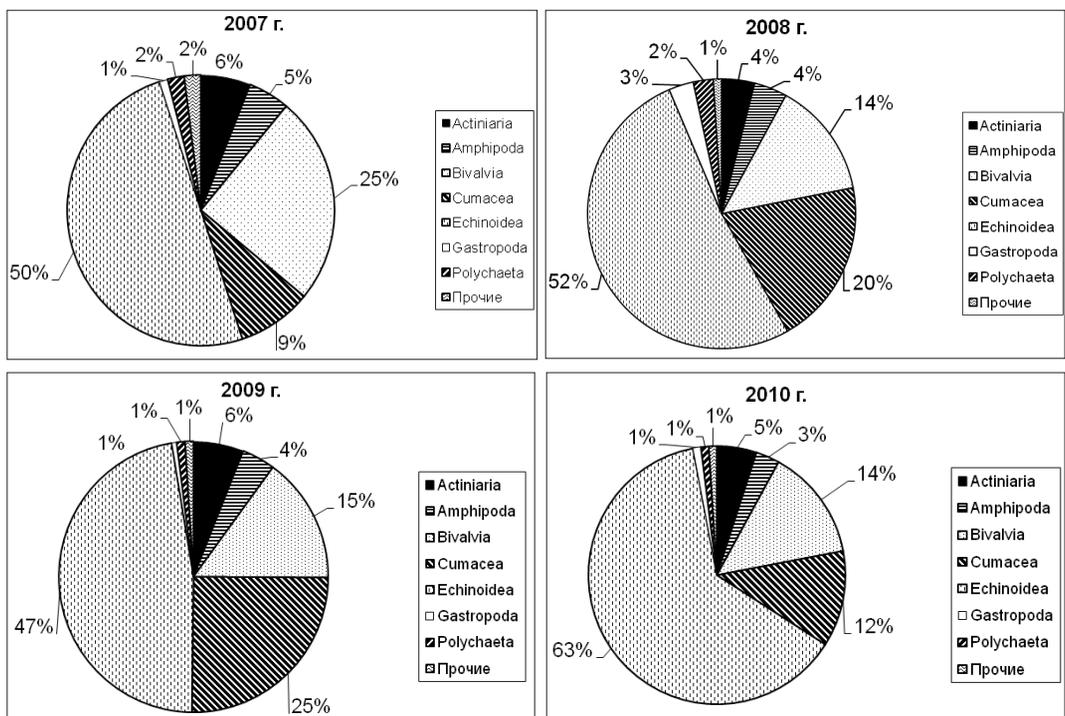


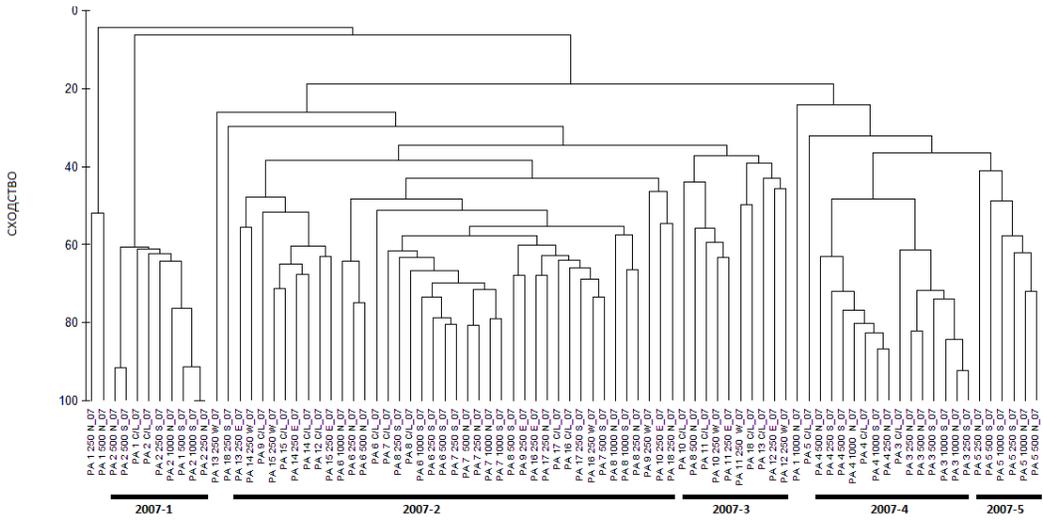
Рис. 3. Межгодовая динамика биомассы основных фаунистических групп макрозообентоса исследуемого участка трассы

Fig. 3. Year-to-year dynamics of biomass for the main taxonomic groups of macrozoobenthos in the surveyed area

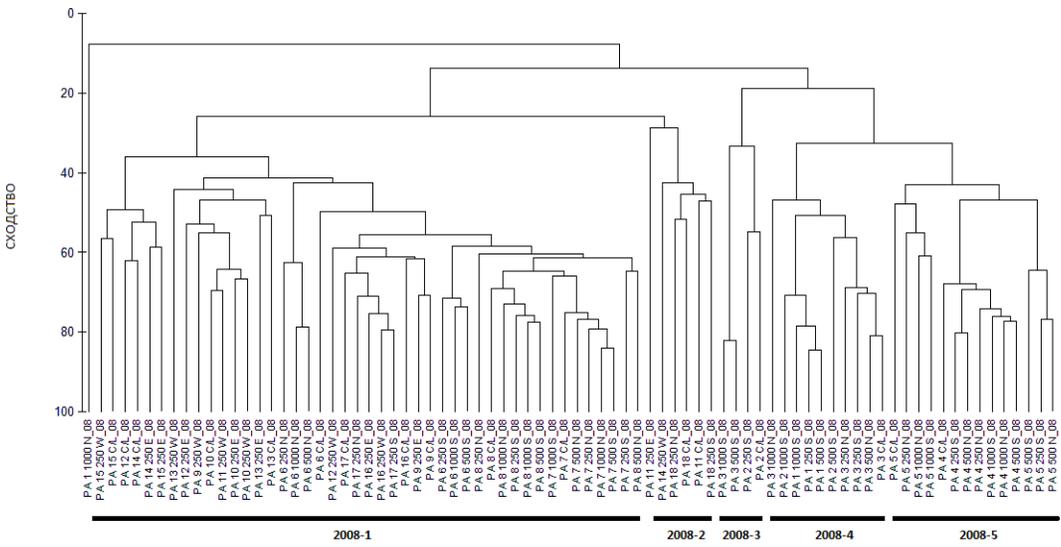
Таким образом, в рассматриваемый период наблюдений соотношение фаунистических групп заметно не изменилось: основной вклад в формирование биомассы бентоса вносят плоские морские ежи, двустворчатые моллюски и кумовые раки.

На рис. 4 представлен результат кластер-анализа, который позволил выделить для каждого года за рассматриваемый период несколько донных сообществ. Всего за период 2007–2010 гг. выделено 20 донных группировок. Для каждого вида всех группировок были рассчитаны средние величины биомассы, плотности поселения и построена результирующая дендрограмма за 2007–2010 гг.

2007



2008



2009

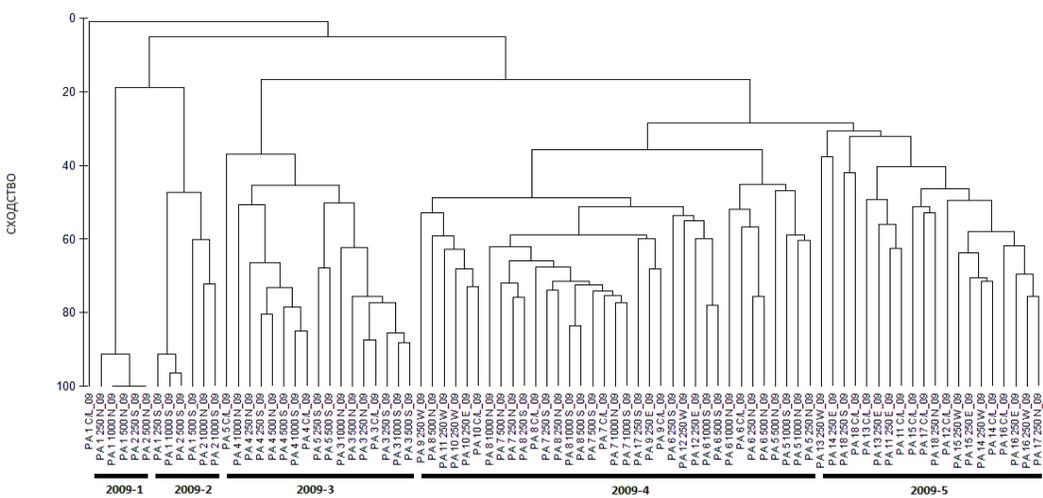


Рис. 4.

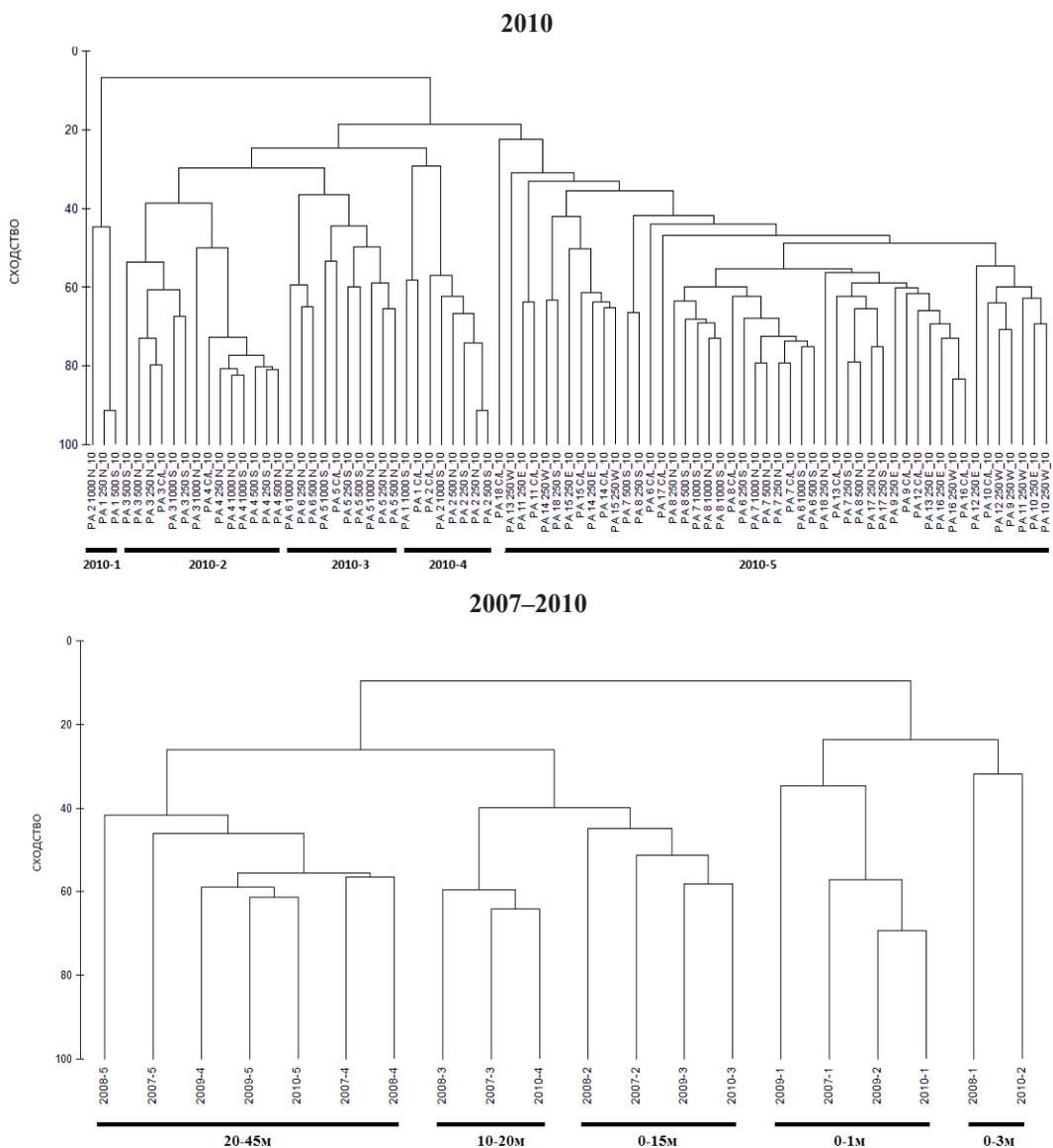


Рис. 4. Дендрограмма видового сходства (коэффициент Брея-Кертиса) между станциями на Пильтун-Астохском полигоне летом 2007–2010 гг.

Fig. 4. Dendrogram of species similarity (Bray-Curtis similarity coefficient) between the stations at Piltun-Astokhskoye oil field (summer 2007–2010)

Результаты показывают, что в исследуемый период 2007–2010 гг. на рассматриваемой акватории выделяются пять стабильных донных группировок, которые располагаются главным образом в зависимости от глубины места.

Первый кластер объединяет 201 станцию. Здесь на глубине 20–45 м на мелко- и среднезернистых песках расположено самое крупное сообщество — плоских морских ежей и кумовых раков (табл. 2). Суммарная биомасса сообщества составила в среднем $998,4 \pm 49,6$ г/м², ее основу (52,6 %) формирует плоский морской еж *E. parma*. Общая плотность поселения сообщества составляет $42735,9 \pm 4174,2$ экз./м², численно лидируют кумовые, 97,8 % всей плотности поселения (табл. 2). Всего в сообществе зарегистрирован 251 вид, из которых девять характеризуются наиболее высокой встречаемостью ($P \geq 50\%$): актиния *H. purpurea*, бокоплавы *Anonyx lilljeborgi*, *Eohaustorius eous eous*, *Grandifoxus longirostris*, *Orchomenella* sp., *Psammonyx kurilicus*, кумовый рак *D. bidentata*, плоский морской еж *E. parma*, полихета *Glycera capitata* (табл. 3).

Таблица 2

Состав и структура группировок макрозообентоса в районе Пилтун-Астохского участка трассы летом 2007–2010 гг.

Table 2

Species composition and structure of the macrozoobenthos communities in the area of pipeline route at Piltun-Astokhskoye oil field (summer 2007–2010)

Группа	Биомасса		Численность	
	г/м ²	%	экз./м ²	%
I. Группировка морских ежей и кумовых раков, глубина 20–45 м				
Actiniaria	58,2	5,8	85,3	< 1,0
Amphipoda	20,5	2,1	607,3	1,4
Annelida	0,02	< 1,0	0,5	< 1,0
Ascidia	0,2	< 1,0	1,8	< 1,0
Bivalvia	164,1	16,4	36,5	< 1,0
Bryozoa	0,003	< 1,0	–	–
Cirripedia	0,5	< 1,0	2,6	< 1,0
Cumacea	193,4	19,4	41800,8	97,8
Decapoda	1,5	< 1,0	0,4	< 1,0
Echinoidea	525,2	52,6	142,6	< 1,0
Gastropoda	1,6	15,7	2,0	< 1,0
Holothuroidea	0,0003	< 1,0	0,008	< 1,0
Hydroidea	0,004	< 1,0	–	–
Isopoda	0,2	< 1,0	0,8	< 1,0
Mysidacea	0,5	< 1,0	6,9	< 1,0
Nemertea	0,5	< 1,0	1,8	< 1,0
Ophiuroidea	0,04	< 1,0	0,1	< 1,0
Pantopoda	0,001	< 1,0	0,1	< 1,0
Polychaeta	16,7	1,7	45,7	< 1,0
Sipunculida	1,1	< 1,0	0,6	< 1,0
Spongia	0,002	< 1,0	–	–
Всего	998,4	100	42735,9	100
II. Группировка морских ежей и двустворчатых моллюсков, глубина 10–20 м				
Actiniaria	0,04	< 1,0	0,2	< 1,0
Amphipoda	33,4	4,5	1350,4	78,0
Ascidia	0,1	< 1,0	0,2	< 1,0
Bivalvia	145,7	19,5	17,5	1,0
Cumacea	1,2	< 1,0	1144,6	8,5
Echinoidea	549,1	73,6	52,6	3,0
Gastropoda	1,6	< 1,0	1,3	< 1,0
Isopoda	8,2	1,1	79,7	4,6
Mysidacea	1,3	0,17	31,3	1,8
Nemertea	0,003	< 1,0	0,2	< 1,0
Pantopoda	0,01	< 1,0	0,6	< 1,0
Polychaeta	5,1	0,7	49,6	2,9
Всего	745,7	100	1731,5	100
III. Группировка амфинод, глубина 0–15 м				
Amphipoda	63,8	66,3	6973,5	91,6
Ascidia	0,4	< 1,0	0,3	< 1,0
Bivalvia	7,3	7,5	4,2	< 1,0
Cumacea	4,1	4,3	211,8	2,8
Decapoda	2,9	3,0	0,8	< 1,0
Echinoidea	0,1	< 1,0	13,1	< 1,0
Gastropoda	0,005	< 1,0	0,03	< 1,0
Isopoda	7,3	7,6	194,1	2,6
Mysidacea	7,6	7,9	138,8	1,8
Nemertea	0,004	< 1,0	0,2	< 1,0
Pantopoda	0,002	< 1,0	0,4	< 1,0
Polychaeta	2,7	2,8	71,9	< 1,0
Всего	96,3	100	7609,0	100

Группа	Биомасса		Численность	
	г/м ²	%	экз./м ²	%
IV. Группировка мизид и амфипод, глубина 0–1 м				
Amphipoda	1,2	41,1	139,1	76,3
Decapoda	0,1	4,1	0,6	0,3
Mysidacea	1,5	54,2	41,7	22,9
Polychaeta	0,02	0,6	0,9	0,5
Всего	2,8	100	182,3	100
V. Группировка амфипод, глубина 0–3 м				
Amphipoda	30,4	99,4	5418,8	99,0
Cumacea	0,2	0,6	55,6	1,0
Polychaeta	0,01	< 1,0	0,6	< 1,0
Всего	30,6	100	5474,9	100

Таблица 3

Перечень наиболее значимых видов ($P \geq 50\%$) и показатели их обилия в сообществах в 2007–2010 гг.

Table 3

List of the most significant species ($P \geq 50\%$), and their abundance in the macrozoobenthos communities (summer 2007–2010)

Вид	Группа	P, %	B, г/м ²	A, экз./м ²
I. Группировка морских ежей и кумовых раков, глубина 20–45 м				
<i>Halcampoides purpurea</i>	Actiniaria	51,2	49,0 ± 6,1	68,7 ± 9,3
<i>Anonyx lilljeborgi</i>	Amphipoda	76,6	15,1 ± 1,3	117,6 ± 13,3
<i>Eohaustorius eous eous</i>	Amphipoda	81,1	0,7 ± 0,1	138,4 ± 14,5
<i>Grandifoxus longirostris</i>	Amphipoda	79,1	0,20 ± 0,02	41,0 ± 3,3
<i>Orchomenella</i> sp.	Amphipoda	58,7	0,5 ± 0,1	98,2 ± 18,7
<i>Psammonyx kurilicus</i>	Amphipoda	68,7	2,0 ± 0,4	70,6 ± 14,0
<i>Diastylis bidentata</i>	Cumacea	97,0	193,3 ± 19,1	41798,3 ± 4161,3
<i>Echinarachnius parma</i>	Echinoidea	93,0	525,2 ± 39,3	142,6 ± 16,1
<i>Glycera capitata</i>	Polychaeta	61,2	0,3 ± 0,1	10,2 ± 1,3
II. Группировка морских ежей и двустворчатых моллюсков, глубина 10–20 м				
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	Amphipoda	51,6	1,0 ± 0,7	120,3 ± 83,9
<i>Anonyx lilljeborgi</i>	Amphipoda	93,5	9,2 ± 1,3	70,0 ± 11,7
<i>Eogammarus schmidti</i>	Amphipoda	61,3	6,6 ± 1,8	38,0 ± 10,0
<i>Eohaustorius eous eous</i>	Amphipoda	100,0	2,8 ± 0,6	358,4 ± 62,2
<i>Grandifoxus longirostris</i>	Amphipoda	87,1	0,3 ± 0,1	45,5 ± 10,5
<i>Grandifoxus nasutus</i>	Amphipoda	58,1	0,7 ± 0,2	12,7 ± 3,3
<i>Pontoporeia affinis</i>	Amphipoda	80,6	11,7 ± 4,7	489,9 ± 183,7
<i>Synchelidium gurjanovae</i>	Amphipoda	54,8	0,010 ± 0,004	6,7 ± 1,7
<i>Diastylis bidentata</i>	Cumacea	58,1	0,2 ± 0,1	38,0 ± 30,9
<i>Echinarachnius parma</i>	Echinoidea	61,3	549,1 ± 152,5	52,6 ± 13,7
<i>Synidotea cinerea</i>	Isopoda	61,3	3,2 ± 1,2	73,3 ± 27,4
<i>Archaeomysis grebnitzkii</i>	Mysidacea	87,1	1,3 ± 0,3	31,3 ± 7,1
III. Группировка амфипод, глубина 0–15 м				
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	Amphipoda	54,5	1,0 ± 0,4	101,2 ± 45,4
<i>Anonyx lilljeborgi</i>	Amphipoda	52,7	12,4 ± 3,9	64,2 ± 17,6
<i>Eogammarus schmidti</i>	Amphipoda	74,5	11,4 ± 3,1	1398,8 ± 561,2
<i>Eohaustorius eous eous</i>	Amphipoda	92,7	2,8 ± 0,4	417,8 ± 89,5
<i>Monoculodes latimanus</i>	Amphipoda	50,9	0,4 ± 0,1	32,3 ± 7,9
<i>Pontoporeia affinis</i>	Amphipoda	100,0	34,4 ± 3,9	4607,5 ± 1203,6
<i>Synchelidium gurjanovae</i>	Amphipoda	50,9	0,10 ± 0,02	64,8 ± 22,8
<i>Archaeomysis grebnitzkii</i>	Mysidacea	90,9	7,6 ± 1,6	136,6 ± 23,9
IV. Группировка мизид и амфипод, глубина 0–1 м				
<i>Eogammarus schmidti</i>	Amphipoda	78,3	1,1 ± 0,4	129,9 ± 47,9
V. Группировка амфипод, глубина 0–3 м				
<i>Pontoporeia affinis</i>	Amphipoda	83,3	0,4 ± 0,2	53,9 ± 23,5
<i>Diastylis bidentata</i>	Cumacea	66,7	0,2 ± 0,1	55,6 ± 22,6

Примечание. P — коэффициент встречаемости; B — общая биомасса; A — общая плотность поселения. Приведены средние значения ± стандартная ошибка.

На глубине 10–20 м на мелкозернистых песках расположена группировка плоских морских ежей и двустворчатых моллюсков, доля которых составляет соответственно 73,6 и 19,5 % всей биомассы. Суммарная биомасса сообщества составляет $745,7 \pm 176,3$ г/м², плотность поселения — $1731,5 \pm 350,6$ экз./м² (см. табл. 2). В сообществе численно лидируют амфиподы (78 % всей плотности поселения), доля моллюсков в общей плотности составляет всего 1 % (табл. 2). В группировке идентифицировано 98 видов, из которых 12 видов имеют частоту встречаемости ≥ 50 % (см. табл. 3).

По биомассе преобладают плоский морской еж *E. parma* — 549,1 г/м² (73,6 % суммарной биомассы сообщества) и два вида моллюсков *S. alta* — 49,8 г/м² (6,7 %) и *M. luteus* — 55,7 г/м² (7,5 %). Доминирующими по численности являются бокоплавы *E. eous* — 358,4 г/м² (20,7 %) и *Pontoporeia affinis* — 489,9 г/м² (28,3 %) (табл. 3).

В интервале глубин 0–15 м на мелкозернистых песках расположено сообщество бокоплавов. Группировка представлена амфиподами (66,3 % биомассы и 91,6 % численности). Общая биомасса сообщества составила $96,3 \pm 9,9$ г/м², плотность поселения $7609,0 \pm 1448,8$ экз./м² (см. табл. 2). В сообществе идентифицированы 88 видов, из них 8 видов встречаются наиболее часто (см. табл. 3). По биомассе и численности лидирует бокоплав *P. affinis*, составляя 35,8 % ($34,4$ г/м²) биомассы и 60,6 % ($4607,5$ г/м²) численности сообщества.

Небольшое сообщество мизид и амфипод с минимальной биомассой расположено на глубине 0–1 м на участке с мелкозернистыми песками. Группировка представлена в основном мизидами (54,2 % общей биомассы) и амфиподами (41,1 %) (см. табл. 2). Амфипода *Eogammarus schmidti* доминирует по численности — $129,9$ экз./м² (71,2 %). По биомассе лидируют мизида *A. grebnitzkii* — 1,5 г/м² (54,2 %) и бокоплав *E. schmidti* — 1,1 г/м² (38,7 %). Общая биомасса сообщества составляет $2,8 \pm 1,0$ г/м², общая плотность поселений — $182,3 \pm 60,2$ экз./м² (табл. 2). В сообществе зарегистрировано 7 видов, из них 1 вид — *E. schmidti* — имеет высокую частоту встречаемости (см. табл. 3).

На мелкозернистых песках в интервале глубин 0–3 м расположена другая группировка амфипод. Это сообщество с доминирующим видом бокоплава *Anisogammarus pugettensis* (94,4 и 96,9 % биомассы и плотности). Биомасса группировки составляет $30,6 \pm 17,2$ г/м², плотность поселений — $5474,9 \pm 3691,8$ экз./м² (см. табл. 2). В сообществе найдено 13 видов, наиболее часто встречаются бокоплав *P. affinis* и кумовый рак *D. bidentata* (см. табл. 3).

Согласно имеющимся данным, биомасса бентоса шельфа северо-восточного Сахалина имеет широкие пределы колебания: от нескольких граммов до нескольких килограммов на одном квадратном метре площади дна. Изменения количественных показателей бентоса связаны в основном с неравномерностью распределения трех основных массовых групп донного населения — иглокожих, двустворчатых моллюсков и многощетинковых червей. Наибольшую биомассу имеют морские ежи, двустворчатые моллюски и полихеты (Кобликов, 1985, 1988; Tkalin, Belan, 1993; Лабай, Печенева, 2003; Надточий и др., 2004; Белан и др., 2012, 2014).

На широте примерно 51°30' с.ш. проходит граница, где происходит смена одних биоценозов другими (Аверинцев и др., 1982). На мелководье это связано с опресняющим влиянием большого количества лагун и заливов севернее этой широты, а на глубине — с подпором вод с постоянной отрицательной температурой. С севера к этой границе на изобатах 15–120 м примыкает широкобореальная ассоциация плоского морского ежа *E. parma*, занимающая у восточного Сахалина площадь около 13 тыс. км², т.е. около 40 % площади шельфа. Группировка приурочена к мелким песчаным грунтам и заиленным пескам, где сильны придонные течения (Кобликов, 1985). На отдельных станциях общая биомасса может составлять более 1 000 г/м², а доля ежа достигает 50–90 % суммарной биомассы (Tkalin, Belan, 1993; Лабай, Печенева, 2003; Надточий и др., 2004; Белан и др., 2012, 2014). По мере снижения скорости течения к югу вдоль шельфа и увеличения заиленности грунтов плоского морского ежа заменяют полихеты, амфиподы, а также двустворчатые моллюски, которые особенно обильны на мелкозернистых отложениях юго-восточного шельфа при почти полном отсутствии здесь плоского морского ежа (Кобликов, 1985).

Материалы исследований 2007–2010 гг. хорошо согласуются с ранее полученными данными (Кобликов, 1985; Надточий и др., 2004). В рассматриваемом районе Пильтун-Астохского месторождения в 2007–2010 гг. преобладали группировки с доминирующими видами ракообразных, двустворчатых моллюсков, плоских морских ежей. На мелководье, на глубине до 15 м, это группировка бокоплава *P. affinis*, группировка мизиды *A. grebnitzkii* и бокоплава *E. schmidti* и сообщество бокоплава *A. pugettensis*. Глубже 15 м эти сообщества сменяет группировка двустворчатых моллюсков и плоского морского ежа *E. parma* (10–20 м) и группировка плоского морского ежа *E. parma* и кумового рака *D. bidentata* (20–45 м).

Выводы

Обобщая вышеизложенное, можно выделить несколько основных закономерностей, характерных для донных сообществ исследованной акватории Пильтун-Астохского месторождения.

Высокая общая биомасса ($669,7 \pm 40,3$ г/м²) и значительная плотность поселения ($26556,4 \pm 2660,9$ экз./м²).

Преобладание ракообразных, двустворчатых моллюсков и плоских морских ежей в формировании биомассы и плотности поселений сообществ. Основа плотности поселений формируется благодаря скоплениям одного вида кумовых раков *D. bidentata*, основа биомассы создается в основном плоским морским ежом.

Соотношение фаунистических групп за исследуемый период значительно не изменялось.

В исследуемый период 2007–2010 гг. на рассматриваемой акватории выделяются пять стабильных донных группировок.

Распределение сообществ на исследуемом участке Сахалина является поясным, зависит от типа донных отложений и глубины.

Данные по видовому составу, количественным и структурным показателям сообществ макрофауны исследуемого участка позволяют оценить состояние бентоса как благополучное.

Сообщества литорали достаточно обеднены по причине высокой степени подвижности отложений вследствие волнового воздействия. Бентос литорали Пильтун-Астохского месторождения представлен преимущественно бокоплавами.

Авторы благодарят компанию «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» за организацию исследований и предоставленные для анализа первичные материалы, сотрудников, участвовавших в сборе и обработке проб, а также специалистов ДВНИГМИ и ИБМ ДВО РАН за помощь в определении видового состава бентоса. Особую благодарность авторы выражают научному сотруднику ООЭМ ДВНИГМИ Б.М. Борисову за определение ракообразных и неоценимую помощь при анализе многолетних данных методом классификации.

Список литературы

Аверинцев В.Г., Сиренко Б.И., Шереметевский А.М. и др. Закономерности распределения жизни на шельфе Восточного Сахалина, о. Ионы и северо-западной части Охотского моря // Фауна и гидробиология шельфовых зон Тихого океана. — Владивосток : АН СССР, 1982. — С. 9–14.

Белан Л.С., Белан Т.А., Борисов Б.М. и др. Сообщества макрозообентоса в районе трассы морского трубопровода Луньского месторождения (шельф северо-восточного Сахалина) // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 171. — С. 175–185.

Белан Л.С., Белан Т.А., Мощенко А.В. Сообщества макрозообентоса в районе трассы морского трубопровода Лунского месторождения (шельф северо-восточного Сахалина) и их многолетняя изменчивость // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 176. — С. 177–188.

Бровко П.Ф., Пешеходько В.М. Лагуны Сахалина как акватории марикультуры // Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны водных, земельных и биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов : тез. докл. 3-й науч.-практ. конф. — Южно-Сахалинск, 1987. — С. 123.

Иванков В.Н., Андреева В.В., Тяпкина Н.В. и др. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни : монография. — Владивосток : ДВГУ, 1999. — 259 с.

Кафанов А.И., Лабай В.С., Печенева Н.В. Биота и сообщества макробентоса лагун северо-восточного Сахалина : монография. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2003. — 176 с.

Кобликов В.Н. Качественная и количественная характеристика макробентоса шельфа и верхней части склона охотского побережья острова Сахалин : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО, 1985. — 30 с.

Кобликов В.Н. Количественная характеристика донного населения присахалинских вод Охотского моря // Количественное и качественное распределение бентоса: кормовая база бентосоядных рыб. — М. : ВНИРО, 1988. — С. 4–22.

Лабай В.С., Печенева Н.В. Макрозообентос и распределение его трофических группировок на шельфе северо-восточного Сахалина // Тр. ДВНИГМИ. — 2003. — Вып. 4. — С. 163–174.

Надточий В.А., Будникова Л.Л., Кобликов В.Н., Безруков Р.Г. Современные данные о составе и количественном распределении макрозообентоса охотоморского шельфа о. Сахалин // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 139. — С. 317–339.

Нейман А.А. Количественное распределение и трофическая структура бентоса шельфов Мирового океана : монография. — М. : ВНИРО, 1988. — 102 с.

Пропп М.В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря : монография. — Л. : Наука, 1971. — 132 с.

Современное осадкообразование в окраинных морях Востока Азии : монография / под ред. Ф.Р. Лихта. — Владивосток : Дальнаука, 1997. — 302 с.

Tkalin A.V., Belan T.A. Background ecological conditions of the NE Sakhalin Island shelf // Ocean Research. — 1993. — Vol. 15. — P. 169–176.

Поступила в редакцию 14.10.14 г.