

УДК 591.524.11(282.257.6.05)

**МАКРОЗООБЕНТОС ЭСТУАРИЯ РЕКИ СУСУЯ (ОСТРОВ САХАЛИН):
I. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭСТУАРИЯ,
ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА**

© 2024 г. В. С. Лабай, Е. С. Корнеев, Е. В. Абрамова, О. Н. Березова,
А. И. Водопьянова, К. М. Костюченко, О. Б. Шарлай, Т. С. Шпилько

Сахалинский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии» (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Российская Федерация

E-mail: v.labaj@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.03.2023; после доработки 15.12.2023;
принята к публикации 10.09.2024; опубликована онлайн 19.11.2024.

Описаны видовой состав, структура, количественные показатели и особенности распределения вдоль русла реки макрозообентоса эстуария реки Сусуя (остров Сахалин). По гидрологическим характеристикам и показателям макробентоса выделены основные биотопические зоны эстуария: устье (полигалинная), нижнеэстуарная полигалинно-мезогалинная, среднеэстуарная олигогалинная, верхнеэстуарная δ -хорогалинная и пресноводная. В эстуарии реки обнаружены 58 видов донных гидробионтов. Основу видового состава формируют высшие раки — 22 вида. К амфибиотическим насекомым относятся 15 видов, к полихетам — 9, к моллюскам — 7. Прочие группы представлены 1–2 видами. Каждой из выделенных зон соответствует специфический состав донных гидробионтов. Видовое богатство снижается от устьевого разреза с морской солёностью воды (30 видов) до α -хорогалинной границы (12 видов), что соответствует положениям теории критической солёности. При переходе в пресноводную часть русла значение возрастает до 20 видов. Плотность макробентоса увеличивается от (476 ± 59) экз. \cdot м⁻² в устье реки до (6653 ± 915) экз. \cdot м⁻² в центре нижней части эстуария. Минимум плотности, (653 ± 72) экз. \cdot м⁻², характеризует α -хорогалинную границу, а максимум, (3529 ± 336) экз. \cdot м⁻², — верхнеэстуарную зону. В нижней части эстуария основу плотности формируют полихеты, гастроподы и амфиподы; в среднеэстуарной зоне — полихеты, амфиподы и олигохеты; в верхнеэстуарной зоне — олигохеты и двукрылые насекомые. Отмечены четыре участка с высокой биомассой макрозообентоса: нижняя часть эстуария, $(51,2 \pm 5,7)$ г \cdot м⁻²; среднеэстуарная зона, $(190,5 \pm 41,2)$ г \cdot м⁻²; верхняя часть, $(397,5 \pm 82,0)$ г \cdot м⁻²; перекат, отграничивающий эстуарий от пресноводной части русла, $(23,4 \pm 2,78)$ г \cdot м⁻². В устье реки основу биомассы формируют десятиногие раки. Выше по течению самый существенный вклад вносят двустворчатые моллюски, преимущественно *Macoma balthica*, и гастроподы, в основном *Fluviocingula nipponica*. В средней олигогалинной зоне наиболее значимы двустворчатые моллюски, представленные почти исключительно *Corbicula japonica*. На границе олигогалинной и верхнеэстуарной зон преобладают двукрылые насекомые (хиروномиды). На пресноводном перекате главной группой опять становятся десятиногие раки, представленные исключительно крабом *Eriocheir japonica*. По показателям обилия макробентоса и структурным индексам чётко выделяются границы между устьем и нижнеэстуарной зоной, α -хорогалиником и δ -хорогалиником. Граница между верхнеэстуарной олигогалинной и пресноводной зонами имеет протяжённость несколько сот метров вдоль эстуария.

Ключевые слова: эстуарий, солёность, макрозообентос, плотность, биомасса, остров Сахалин

Эстуарий — это полузамкнутый водный объект, являющийся частью устьевой области реки и характеризующийся активными процессами смешения речных и морских вод [Михайлов и др., 2009; Pritchard, 1952]. При смешении речных и морских вод вдоль русла эстуария возникает несколько критических для гидробионтов переходных зон — так называемых хорогалиникумов [Аладин, 1988; Аладин, Плотников, 2013; Хлебович, 1974, 1989]. Переходы через хорогалиникумы приводят к смене видового состава донных сообществ, их структуры, трофических характеристик и продукционных показателей [Бурковский, Столяров, 1995; Бурковский и др., 2002; Колпаков, 2018; Лабай и др., 2022; Столяров, 2011, 2015, 2019а, b; Столяров, Бурковский, 2018]. Эстуарии являются местами сосредоточения специфической солоноватоводной фауны, здесь развиваются уникальные сообщества, происходят нагул и нерест многих видов рыб и беспозвоночных. Экосистемы эстуариев отличаются повышенной продуктивностью [Колпаков, 2018; Сафьянов, 1987].

Эстуарный макрозообентос острова Сахалин, донные сообщества и их характеристики изучены плохо [Водотоки острова Сахалин, 2015; Лабай и др., 2022; Сафронов и др., 2000]. В наиболее обследованном эстуарии, эстуарии реки Мануй, типичном для преобладающего числа небольших рек острова Сахалин, макрозообентос сильно обеднён по сравнению с таковым эстуариев других рек Дальнего Востока России, в нём отсутствует чёткое горизонтальное деление на зоны по солёности [Лабай и др., 2022].

В сентябре 2022 г. был обследован эстуарий реки Сусуя — полноразмерный, по сравнению с эстуариями малых рек острова Сахалин. Материалы этого исследования легли в основу данной публикации.

Цель работы — описать основные закономерности изменчивости макробентоса, его структуры и трофических характеристик вдоль градиента солёности в полноразмерном эстуарии реки Сусуя острова Сахалин.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследование эстуария реки Сусуя проведено в сентябре 2022 г. (рис. 1, табл. 1). Выполнено 10 бентических разрезов. Количество станций на разрезах варьировало в зависимости от ширины русла: на разрезах 1–4, где ширина русла превышала 40 м, пробы отбирали на семи станциях, на остальных разрезах, при ширине русла менее 30 м, — на пяти станциях (у каждого берега близ уреза воды, на фарватере и по сторонам у фарватера). На каждой станции отбирали по три пробы макробентоса. Всего отобрано 174 пробы.

Отбор проб на глубине менее 0,3 м на галечно-гравийных грунтах осуществляли складным бентометром (0,12 м²), на больших глубинах на мягких грунтах — облегчённой моделью малого дночерпателя Петерсена (0,025 м²) [Методические рекомендации, 2003; Руководство по методам гидробиологического анализа, 1983]. Отобранные пробы промывали, фиксировали 4%-ным нейтрализованным формалином и этикетировали.

Первичную разборку проб и видовое определение производили в лабораторных условиях. Отобранные пробы промывали через сита с различной ячейей, причём последнее имело ячейю не более 1 мм. После промывки и определения гидробионтов пересчитывали, обсушивали на фильтровальной бумаге до исчезновения влажного пятна и взвешивали на электронных весах с точностью до десятых долей миллиграмма. В последующем количественные данные пересчитывали на квадратный метр.

Параллельно отбору проб бентоса с помощью мультипараметрического зонда Horiba U-5000G измеряли солёность (PSU) и температуру (°C) воды у поверхности и у дна на фарватере.

Названия видов и надвидовых таксонов проверены по сайту World Register of Marine Species [2023]. Наименование типов грунта приведено в соответствии с таблицами Е.1, Е.2 и Е.3 ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация (с Поправками)».

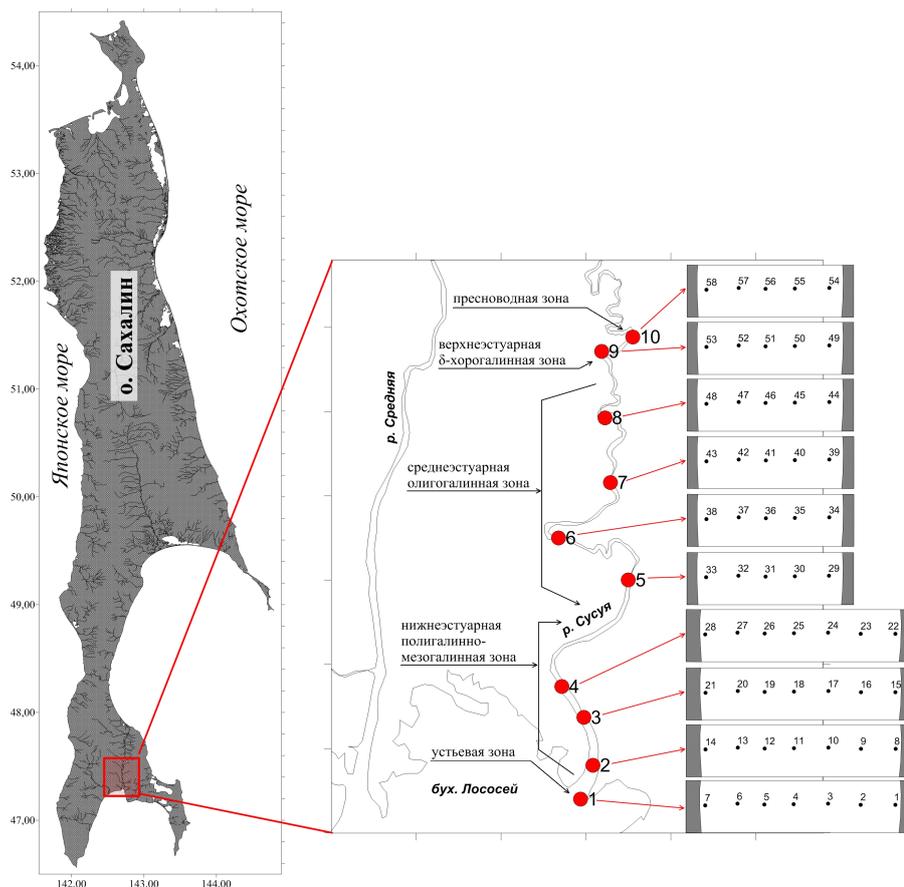


Рис. 1. Карта-схема района исследований; прямоугольниками показаны разрезы отбора проб макробентоса

Fig. 1. Schematic map of the study area; benthos sampling sections are shown with rectangles

Таблица 1. Собранные данные

Table 1. Collected data

№ разреза	Расстояние от устья, км	Глубина, м	Ширина, м	Солёность, PSU	Количество станций
1	0	0	60–70	15,2	7
		0,7		22,3	
2	0,4	0	50–60	18,1	7
		1,35		21,7	
3	1,01	0	50–60	21,7	7
		2		21,7	
4	1,43	0	40–50	24,8	7
		2,1		25	
5	3,10	0	25–30	6,6	5
		0,6		6,6	
6	4,65	0	25–30	3,8	5
		1,4		11,7	
7	5,94	0	25–27	0,6	5
		1,8		7,6	
8	6,95	0	18–20		5
		0,8			
9	7,98	0	12–15		5
		1,6			
10	8,50	0	10–12	0,1	5
		0,15		0,1	

Для сравнительных процедур использовали индекс видового разнообразия (энтропийный индекс) Шеннона (I , бит·экз.⁻¹) [Shannon, 1948; Shannon, Weaver, 1949] отдельно для плотности (I_N) и биомассы (I_B), а также ABC-метод (abundance/biomass comparison method) [Warwick, 1986] по ABC-индексу (I_{ABC} , %) [Meire, Dereu, 1990].

Оценку ожидаемого числа видов проводили с помощью алгоритма экстраполяции видового богатства Chao-2 [Петров, Неврова, 2012; Chao, Chiu, 2016].

Район исследований. Река Сусуя впадает в бухту Лососей залива Анива Охотского моря, имеет длину 83 км; площадь водосбора составляет 823 км² [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1963]. На реке, в средней её части, расположен крупный административно-промышленный центр — город Южно-Сахалинск, который является источником загрязнения речных вод железом, цинком, азотной и фосфатной группами биогенных веществ, нефтепродуктами и фенолами [Чайко, 2009, 2014, 2015a, b]. Русло реки в районе села Мицулевка перекрыто дамбой и через канал впадает в русло реки Средняя. Канал выкопан в период 1906–1945 гг. [Макеев, 2020; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1964]. В настоящее время нижняя часть русла, включая эстуарий, оказалась изолированной от остальной речной системы. Изолированная часть простирается от впадения реки Мицулевка до устья реки и имеет площадь водосбора 725 км² [Макеев, 2020].

В соответствии с классификацией В. Н. Михайлова с соавторами [2009], эстуарий реки Сусуя относится к речным русловым эстуариям с устьевым расширением (а, нижние части русел рек). Протяжённость эстуария до участка с пресной водой составляет почти 8,5 км (по нашим данным). В верхней части эстуария русло имеет ширину 10–12 м, к устью значение увеличивается до 60–70 м (собственные данные).

Вертикальное распределение солёности воды в эстуарии реки показано на рис. 2. Морские воды с солёностью более 22 PSU распространяются на расстояние до 1,5 км от устья. Измерение солёности было проведено во временной промежуток между приливом и отливом, между тем по приливу граница вод морской солёности может находиться и выше по эстуарию. Этот солёностный барьер отграничивает полигалинную часть эстуария (заполненную морской водой) от мезогалинной (солонатоводной) (границы вод различной солёности приведены по [Аладин, 1988; Аладин, Плотников, 2013; Хлебович, 1974, 1989]). Солонатовые воды с солёностью от 5–7 PSU (α -хорогалинная граница) до 22–26 PSU (β -хорогалинная граница) заполняют эстуарий на расстояние более 3 км от устья. Ниже 6-го км до 3 км по всей акватории эстуарного плёса отмечен вертикальный градиент солёности. Нижний слой соответствует α -хорогалинной границе, при этом узкий верхний слой — опреснённый (олигогалинный). Сходное вертикальное распределение солёности выявлено для типичных эстуариев рек острова Сахалин [Лабай и др., 2022]. От 6-го км вверх по течению примерно на 1 км зарегистрирована олигогалинная зона, которая на расстоянии около 7 км от устья ограничивается δ -хорогалиникумом (0,5–2,0 PSU), распространяющимся вверх до последнего речного переката (разрез 10). Выше речного переката воды реки пресные (около 0 PSU).

По распределению солёности воды выделяются пять эстуарных зон: устьевая, заполненная морской водой (полигалинный участок); нижеэстуарная мезогалинная; среднеэстуарная олигогалинная; вышеэстуарная δ -хорогалинная; пресноводная. Среднеэстуарная зона — самая протяжённая, простирается вдоль русла реки почти на 4 км. Нижеэстуарный и вышеэстуарный участки — более короткие, имеют длину по 1–2 км. Полученная схема схожа с типизацией речных эстуариев, разработанной Н. В. Колпаковым [2018]. В отличие от типичных эстуариев острова Сахалин, здесь наблюдается чётко выраженная нижеэстуарная зона длиной около 1,5 км, заполненная по всей вертикали водами с морской солёностью (в других эстуариях морские воды проникают не далее 100–200 м от устья) [Лабай и др., 2022]. Вероятным объяснением этого явления может быть перераспределение речного потока в среднем течении

в русло реки Средняя [Макеев, 2020; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1964]: вследствие него при прежних размерах эстуарного русла существенно снизился объём речного стока, что обусловило значительное проникновение морских вод вверх по руслу в настоящее время.

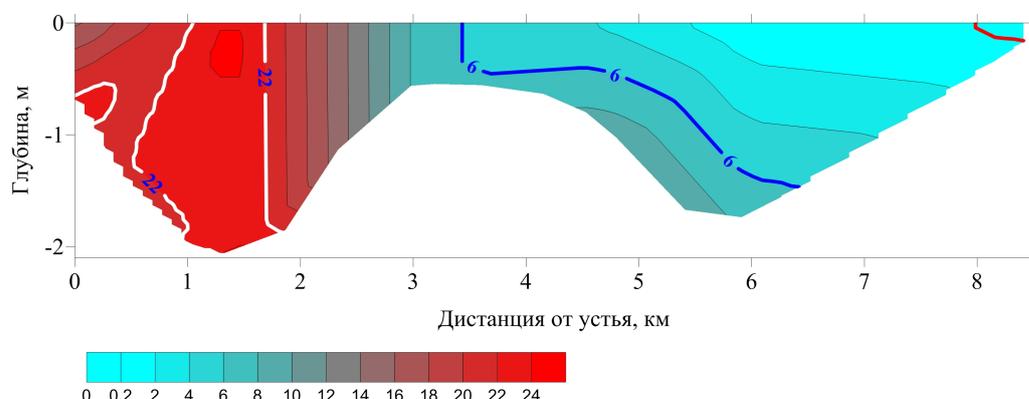


Рис. 2. Вертикальное распределение солёности воды вдоль эстуария реки Сусуя 15.09.2022

Fig. 2. Vertical distribution of water salinity along the Susuya River estuary on 15.09.2022

В устье дно выстлано мелким песком с алевритом и пелитом, на фарватере — песком (около 80 %) с крупной галькой. Вверх по течению в средне- и нижеэстуарной зонах берега реки глинистые или песчано-алевритовые. На эстуарном плёсе представлены чёрный органический ил и пелит, реже — алеврит. На границе между ниже- и среднеэстуарным участками грунт дна представлен песками различной крупности с галькой и илами. В верхней части эстуария на плёсе берега алевритовые, с увеличением глубины грунт дна сменяется на илы. Речной пережат, отграничивающий пресноводную часть русла от δ -хорогалинной, галечно-гравийный с примесью песка.

В период исследований течение было выражено только на пережат (разрез 10): здесь скорость потока изменялась по станциям в пределах $0,15\text{--}0,38\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Уже на разрезе 9 скорость течения не превышала $0,01\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. На прочих разрезах однонаправленное течение отсутствовало.

На разрезах 2 и 3 вдоль берега отмечены заросли макрофитов, преимущественно zostеры. Здесь же обнаружены скопления отмерших макрофитов, вероятно занесённых с приливом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В эстуарии реки обитают солоноватоводные и морские виды рыб. Это дальневосточная навага *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810); малоротые корюшки рода *Hypomesus* — морская *H. japonicus* (Brevoort, 1856), японская *H. nipponensis* McAllister, 1963 и обыкновенная *H. olidus* (Pallas, 1814); японская трёхиглая колюшка *Gasterosteus nipponicus* (Higuchi, Sakai et Goto, 2014); девятииглые колюшки — обыкновенная *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758) и китайская *P. sinensis* (Guechenot, 1869); большеротый бычок *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1879); южная плоскоголовая широколобка *Megalocottus taeniopterus* (Kner, 1868); звёздчатая камбала *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787); восточная бельдюга *Zoarces elongatus* (Kner, 1868); сахалинская лисичка *Brachyopsis segaliensis* (Tilesius, 1809). В начале XX в. в эстуарии был многочислен сахалинский осётр *Acipenser mikadoi* Hilgendorf, 1892; к настоящему времени он полностью исчез [Макеев, 2020; Шмидт, 1905].

Распределение макробентоса. Ранее в эстуарии реки Сусуя были обнаружены уникальные виды донных беспозвоночных, отсутствующие в типичных эстуариях рек острова Сахалин. Здесь впервые для России описаны краб *Deiratonotus cristatum* (De Man, 1895) и бокоплав *Melita shimizui sakhalinensis* Labay, 2016 [Лабай, 2004; Labay, 2016, 2021; Marin, 2017].

Видовой список макробентоса эстуария реки Сусуя формируют 58 видов донных беспозвоночных и круглоротых (табл. 2). Ожидаемое число видов Chaо-2 составило 65. Следовательно, в пробах встречено 89 % от возможного максимального количества видов. Наиболее представленной группой стали высшие раки — 22 вида (амфиподы — 11 видов). Значительным отличием от прочих эстуариев острова является развитая фауна десятиногих раков — 7 видов [Водотоки острова Сахалин, 2015; Лабай, 2011; Лабай и др., 2022; Labay, 2021]. Насекомые, преимущественно хирономиды, включают 15 видов. Полихеты также характеризуются высоким разнообразием — 9 видов. Моллюски представлены 7 видами (3 вида гастропод и 4 вида двустворчатых моллюсков), что сближает эстуарий реки Сусуя с другими эстуариями крупных и среднеразмерных рек Дальнего Востока России [Водотоки острова Сахалин, 2015; Колпаков, 2018; Комендантов, Орлова, 2003]. Прочие группы включают по 1–2 вида. Отличительной особенностью эстуария реки Сусуя является значительная представленность типично лагунных солоноватоводных и морских видов, отсутствующих в прочих эстуариях острова: *Fluviocingula nipponica* Kuroda & Habe, 1954, *Assiminea lutea* A. Adams, 1861, *Batillaria attramentaria* (G. B. Sowerby II, 1855), *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758), *Ampithoe lacertosa* Spence Bate, 1858, *Eogammarus possjeticus* (Tzvetkova, 1967), *Hemigrapsus takanoi* Asakura & Watanabe, 2005 и *Upogebia major* (De Haan, 1841) [Водоёмы острова Сахалин, 2014; Лабай, 2015].

Таблица 2. Видовой состав макробентоса эстуария реки Сусуя

Table 2. The species composition of the Susuya River estuary

№ п/п	Вид	№ разреза									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Тип Nemertea										
1	<i>Nemertea</i> indet.	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
	Тип Annelida										
	Класс Polychaeta										
2	<i>Polychaeta</i> indet.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Отряд Phyllodocida										
3	agg. <i>Eteone flava</i> (Fabricius, 1780)	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
4	<i>Glycera capitata</i> Örsted, 1843	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	<i>Goniada maculata</i> Örsted, 1843	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
6	<i>Hediste japonica</i> (Izuka, 1908)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Отряд Spionida										
7	<i>Aonides oxycephala</i> (Sars, 1862)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
8	<i>Polydora</i> indet.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	Инфракласс Scolecida										
9	Capitellidae indet.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
10	<i>Ophelia limacina</i> (Rathke, 1843)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Класс Clitellata										
	Подкласс Oligochaeta										
	Отряд Tubificida										
11	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> f. <i>typica</i> Claparède, 1862	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	<i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Müller, 1773)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	Подкласс Hirudinea										
13	<i>Hirudinea</i> indet.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение на следующей странице...

№ п/п	Вид	№ разреза									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Тип Mollusca										
	Класс Gastropoda										
	Отряд Littorinimorpha										
14	<i>Fluviocingula nipponica</i> Kuroda & Habe, 1954	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
15	<i>Assiminea lutea</i> A. Adams, 1861	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	Отряд Caenogastropoda										
16	<i>Batillaria attramentaria</i> (G. B. Sowerby II, 1855)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Класс Bivalvia										
	Отряд Cardiida										
17	<i>Macoma balthica</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
	Отряд Nuculanida										
18	<i>Nuculana pernula</i> (O. F. Müller, 1779)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Отряд Venerida										
19	<i>Corbicula japonica</i> Prime, 1864	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
	Суперотряд Anomalodesmata										
20	<i>Exolaternula liautaudi</i> (Mittre, 1844)	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Тип Arthropoda										
	Подтип Crustacea										
	Суперкласс Multicrustacea										
	Класс Malacostraca										
	Отряд Cumacea										
21	<i>Bodotria parva</i> Calman, 1907	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Отряд Amphipoda										
22	<i>Ampithoe lacertosa</i> Spence Bate, 1858	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
23	<i>Caprella algaceus</i> Vassilenko, 1967	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
24	<i>Crassikorophium crassicorne</i> (Bruzelius, 1859)	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
25	<i>Eogammarus kygi</i> (Derzhavin, 1923)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
26	<i>Eogammarus possjeticus</i> (Tzvetkova, 1967)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	<i>Eogammarus tiuschovi</i> (Derzhavin, 1927)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
28	<i>Ischyrocerus elongatus</i> Gurjanova, 1938	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	<i>Kamaka derzhavini</i> Gurjanova, 1951	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
30	<i>Kamaka kuthae</i> Derzhavin, 1923	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
31	<i>Melita shimizui sakhalinensis</i> Labay, 2016	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
32	<i>Melita</i> sp.	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+
	Отряд Isopoda										
33	<i>Gnorimosphaeroma kurilense</i> Kussakin, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
34	<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i> (Gurjanova, 1933)	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	Отряд Mysida										
35	<i>Neomysis awatschensis</i> (Brandt, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
	Отряд Decapoda										
36	<i>Crangon amurensis</i> Bražnikov, 1907	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
37	<i>Deiratonotus cristatum</i> (De Man, 1895)	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
38	<i>Eriocheir japonica</i> (De Haan, 1835)	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
39	<i>Hemigrapsus longitarsis</i> (Miers, 1879)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
40	<i>Hemigrapsus takanoi</i> Asakura & Watanabe, 2005	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение на следующей странице...

№ п/п	Вид	№ разреза									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	<i>Palaemonetes sinensis</i> (Sollaud, 1911)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
42	<i>Upogebia major</i> (De Haan, 1841)	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Суперкласс Allotriocarida										
	Класс Hexapoda										
	Отряд Diptera										
43	Ceratopogonidae indet. (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
44	<i>Chironomus (Lobochironomus) dorsalis</i> (Meigen, 1818) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	<i>Chironomus (Lobochironomus) dorsalis</i> (Meigen, 1818) (pupa)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
45	<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1915 (larv.)	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-
46	<i>Cladotanytarsus gr. mancus</i> (Walker, 1856) (larv.)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
47	<i>Dicrotendipes</i> indet. (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
48	<i>Glyptotendipes cauliginellus</i> (Kieffer, 1913) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
49	<i>Glyptotendipes gr. gripekoveni</i> (Kieffer, 1913) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
50	<i>Glyptotendipes gr. paripes</i> (Edwards, 1929) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
51	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1804) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
52	<i>Polypedilum</i> indet. (pupa)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
53	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schrank, 1803) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
54	<i>Psectrocladius gr. zetterstedti</i> Brundin, 1949 (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
55	<i>Sergentia baueri</i> Wulker, Kiknadze & Kerkis, 1999 (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	<i>Sergentia baueri</i> Wulker, Kiknadze & Kerkis, 1999 (pupa)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
56	<i>Stictochironomus pictulus</i> (Meigen, 1830) (larv.)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
57	<i>Trissopelopia longimana</i> (Staeger, 1839) (larv.)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	Тип Chordata										
	Инфратип Agnatha										
	Класс Petromyzonti										
	Отряд Petromyzontiformes										
58	<i>Lethenteron reissneri</i> (Dybowski, 1869)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Всего видов	30	27	20	23	16	14	12	17	12	20
	Ожидаемое число видов Chao-2	37	41	20	27	22	17	13	18	15	25

Видовое богатство значительно изменяется по мере удаления от устья — от 30 видов на створ на разрезе 1 в устье реки до 12 видов на разрезе 7 с водами, соответствующими α -хорогалиникуму у дна, и до 20 видов на створ на разрезе 10 при переходе в пресноводную часть русла (рис. 3А). Снижение показателя отмечено от устьевого разреза с морской солёностью воды до α -хорогалинной границы, что соответствует положениям теории критической солёности [Хлебович, 1974, 1989]. Ожидаемое число видов Chao-2 также было наибольшим в области воздействия полигалинных (морских) вод на разрезах 1 и 2, при этом количество обнаруженных видов на данном участке русла составляло 66–81 % от ожидаемого (табл. 2). На солоноватоводном (мезогалинном), олигогалинном и δ -хорогалинном участках эстуария показатель варьировал на уровне 73–100 % от ожидаемого числа видов с минимумом на разрезе 7. В пресноводной части эстуария Chao-2 возрастало и было равно 25 видам (обнаружено 80 % видов).

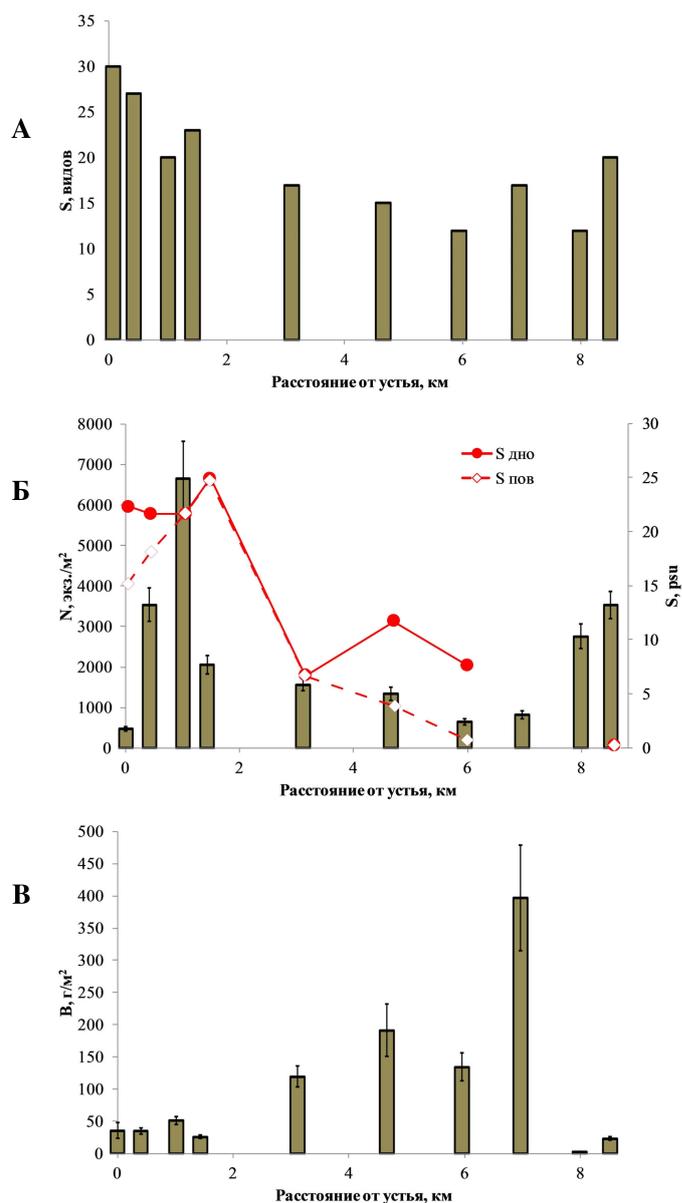


Рис. 3. Изменчивость показателей обилия макрозообентоса вдоль эстуария реки Сусуя: А — число видов на разрез; Б — общая плотность и солёность (S); В — общая биомасса (планки погрешностей соответствуют ошибке средней)

Fig. 3. Variability of macrozoobenthos abundance along the Susuya River estuary: A, number of species per section; Б, total density and salinity (S); В, total biomass (error bars correspond to the error of the mean)

В нижнеэстуарной зоне встречены как специфические для устьев рек гидробионты, так и прибрежно-морские и лагунные виды. Первые включают двустворку *Exolaternula liautaudi* (Mittre, 1844), а также амфипод *Kamaka derzhavini* Gurjanova, 1951 и *M. shimizui sakhalinensis* [Labay, 2021]. Вторые включают полихет *Eteone flava* (Fabricius, 1780), *Glycera capitata* Örsted, 1843, *Goniada maculata* Örsted, 1843 и *Ophelia limacina* (Rathke, 1843); гастропод *F. nipponica*, *As. lutea* и *B. attramentaria*; двустворчатых моллюсков *M. balthica* и *Nuculana pernula* (O. F. Müller, 1779); кумового рака *Bodotria parva* Calman, 1907; амфипод *Am. lacertosa*, *Caprella algaceus* Vassilenko, 1967, *Crassikorophium crassicorne* (Bruzelius, 1859), *Eo. possjeticus* и *Ischyrocerus elongatus* Gurjanova, 1938; крабов *Hemigrapsus longitarsis* (Miers, 1879) и *H. takanoi*; рака-крота *Up. major*.

К типичным представителям солоноватоводной фауны Сахалина в средней части эстуария относятся изоподы *Gnorimosphaeroma ovatum* (Gurjanova, 1933) и крабы *D. cristatum* [Водоёмы острова Сахалин, 2014; Водотоки острова Сахалин, 2015; Лабай, 2015; Labay, 2021].

Индикаторами олигогалинных вод служат полихета *Hediste japonica* (Izuka, 1908), двустворчатый моллюск *Corbicula japonica* Prime, 1864, амфиподы *Melita* sp. и креветка *Palaemonetes sinensis* (Sollaud, 1911) [Водотоки острова Сахалин, 2015; Labay, 2021]. Первая также обнаружена в солоноватоводной зоне эстуария.

Некоторые виды являются эвригалинными и представлены во всех зонах. Это полихета *H. japonica*, олигохета *Limnodrilus hoffmeisteri* f. *typica* Claparède, 1862, мизиды *Neomysis awatschensis* (Brandt, 1851), песчаный шримс *Crangon amurensis* Bražnikov, 1907 и японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (De Naan, 1835).

От устья реки (разрез 1) к центру нижней части эстуария (разрез 3) зарегистрирован рост плотности макробентоса с (476 ± 59) до (6653 ± 915) экз. \cdot м⁻² (рис. 3Б). В среднеэстуарной зоне показатель резко снижается — до (653 ± 72) экз. \cdot м⁻² на разрезе 7 у α -хорогалинной границы. В верхнеэстуарной зоне плотность снова возрастает — до максимума, (3529 ± 336) экз. \cdot м⁻², на разрезе 10.

В нижнеэстуарной зоне основу показателя формируют полихеты (7,7–47,4 %), гастроподы (11,4–50,0 %) и амфиподы (21,2–67,8 %). Среди полихет наибольшую плотность имеют *H. japonica* и Capitellidae indet., среди гастропод — *F. nipponica*, среди амфипод — *K. derzhavini*, *M. shimizui sakhalinensis* и *Eogammarus tiuschovi* (Derzhavin, 1927).

В среднеэстуарной зоне ключевой вклад в общую плотность вносят полихеты (45,7–63,7 %); на долю амфипод приходится 7,7–16,1 %; возрастает роль олигохет (0,6–29,7 %) и изопод (до 11,0 %). Основу плотности полихет формируют *H. japonica* и Capitellidae indet., олигохет — *L. hoffmeisteri*, амфипод — *Melita* sp., изопод — *Gn. ovatum*.

На разрезах верхнеэстуарной зоны по плотности преобладают олигохеты (9,9–49,7 %) и двукрылые насекомые (23,3–89,7 %). Наиболее значимым видом олигохет являются *L. hoffmeisteri*, а среди двукрылых — хирономиды *Glyptotendipes cauliginellus* (Kieffer, 1913), *Paratendipes albimanus* (Meigen, 1804), *Sergentia baueri* Wulker, Kiknadze & Kerkis, 1999, *Stictochironomus pictulus* (Meigen, 1830) и *Trissopelopia longimana* (Staeger, 1839).

В распределении общей биомассы по эстуарию выявлены четыре пика (рис. 3В). Первый характеризует область нижнего эстуария на разрезе 3, $(51,2 \pm 5,7)$ г \cdot м⁻². Второй пик зарегистрирован в среднеэстуарной зоне на разрезе 6, $(190,5 \pm 41,2)$ г \cdot м⁻². Третий приходится на разрез 8 в верхней части эстуария, $(397,5 \pm 82,0)$ г \cdot м⁻². Четвёртый пик отмечен на перекате, отграничивающем эстуарий от пресноводной части русла, $(23,4 \pm 2,78)$ г \cdot м⁻². Область критически низкой биомассы зафиксирована на разрезе 9, $(2,67 \pm 0,261)$ г \cdot м⁻².

Вклад различных групп макрозообентоса в общую биомассу вдоль эстуария показан на рис. 4. В устье реки по биомассе преобладают десятиногие раки (95,5 %), представленные преимущественно крабами *H. takanoi* и *Er. japonica* (табл. 3). Выше по течению отмечена смена доминирующих таксонов: на разрезах 2–4 наиболее существенный вклад вносят двустворчатые моллюски, преимущественно *M. balthica* (42,5–81,4 %), и гастроподы, в основном *F. nipponica* (12,2–45,1 %), при меньшей значимости полихет (3,4–6,2 %) и десятиногих раков (0,1–11,3 %). На разрезах 5–8, в средней олигогалинной зоне, основу показателя формируют двустворчатые моллюски, представленные почти исключительно *C. japonica* (90,8–98,1 %). На разрезе 9, указывающем на переход от олигогалинной верхнеэстуарной зоны к пресноводной, наибольший вклад (90,0 %) вносят двукрылые насекомые (хирономиды). На разрезе 10, на пресноводном перекате, главной группой опять становятся десятиногие раки, представленные исключительно крабом *Er. japonica* (91,7 %).

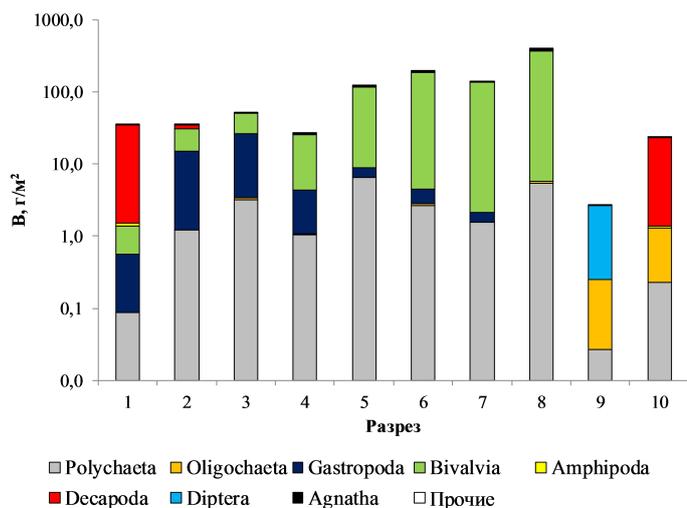


Рис. 4. Биомасса основных таксономических групп макрозообентоса

Fig. 4. The biomass of the main taxonomic groups of macrozoobenthos

Таблица 3. Характеристика зон солёности (S) и изменения в макрозообентосе вдоль эстуария реки Сусуя

Table 3. Characteristics of salinity zones (S) and changes in macrozoobenthos along the Susuya River estuary

Показатель	Зона				
	устьевая (разрез 1)	нижнеэстуарная полигалинно-мезогалинная (разрезы 2–4)	среднеэстуарная олигогалинная (разрезы 5–8)	верхнеэстуарная δ-хорогалинная (разрез 9)	пресноводная (разрез 10)
$S_{\text{поверхность}}$, PSU	15,2	18,1–24,8	0,6–6,6	0,2	0,1
$S_{\text{дно}}$, PSU	22,3	21,7–25	6,6–11,7	1	0,1
Количество видов на створ	30	20–27	12–17	12	20
Chao-2	37	20–41	13–22	15	25
Численность (N), экз.·м ⁻²	476 ± 59	2051–6653	653–1561	2760 ± 306	3529 ± 336
Биомасса (B), г·м ⁻²	35,7 ± 12,6	26,2–51,2	119,3–397,5	2,67 ± 0,26	23,4 ± 2,78
Ключевые группы по плотности	Amphipoda, Gastropoda	Gastropoda, Polychaeta, Amphipoda	Polychaeta, Amphipoda, Oligochaeta, Diptera, Isopoda	Diptera, Oligochaeta	Oligochaeta, Diptera
Ключевые группы по биомассе	Decapoda	Bivalvia, Gastropoda	Bivalvia, Polychaeta	Diptera, Oligochaeta	Decapoda
Ключевые виды	<i>Eriocheir japonica</i> , <i>Hemigrapsus takanoi</i>	<i>Fluviocingula nipponica</i> , <i>Macoma balthica</i> , <i>Hediste japonica</i>	<i>Corbicula japonica</i> , <i>Hediste japonica</i>	<i>Chironomus dorsalis</i> , <i>Sergentia baueri</i> , <i>Glyptotendipes cauliginellus</i> , <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	<i>Eriocheir japonica</i> , <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> , <i>Stictochironomus pictulus</i>
I_N , бит·экз. ⁻¹	1,97	1,77–2,05	1,24–1,86	1,57	1,35
I_B , бит·экз. ⁻¹	0,71	0,85–1,62	0,12–0,42	1,54	0,40
I_{ABC} , %	39,3	14,6–25,7	14,5–35,9	15,6	11,8

Распределение критических для донных гидробионтов участков вдоль эстуария реки оценивается с помощью индекса Шеннона — Уивера (рис. 5А). Для типичных донных сообществ, где основная биомасса концентрируется в нескольких ключевых видах, значения I по биомассе всегда ниже, чем по плотности [Лабай и др., 2022]. Соотношение значений I меняется на противоположное в критических точках, указывающих на переход от одного типа сообществ к другому. В эстуарии реки Сусуя близкие к критическим соотношения индексов характеризуют разрез 2 (предустье) и разрез 9 (граница верхнеэстуарной олигогалинной зоны и пресноводной части реки). Большее количество критических участков отмечено в распределении ABC-индекса (рис. 5Б): его значения являются низкими на разрезах 2 (β -хорогалиникум), 5 (α -хорогалиникум) и 9–10 (δ -хорогалиникум). Расположение нижней критической (граничной) точки на разрезе 2 закономерно и характеризует границу между нижнеэстуарной зоной и морским участком устья. Верхняя критическая точка (разрез 10) фиксируется на 520 м выше, чем регистрируется по общей биомассе и I (разрез 9). Таким образом, граница между олигогалинной верхнеэстуарной зоной и пресноводной частью русла по биологическим показателям простирается на несколько сот метров. Снижение I_{ABC} на разрезе 5 свидетельствует о его близости к α -хорогалинной границе солёности.

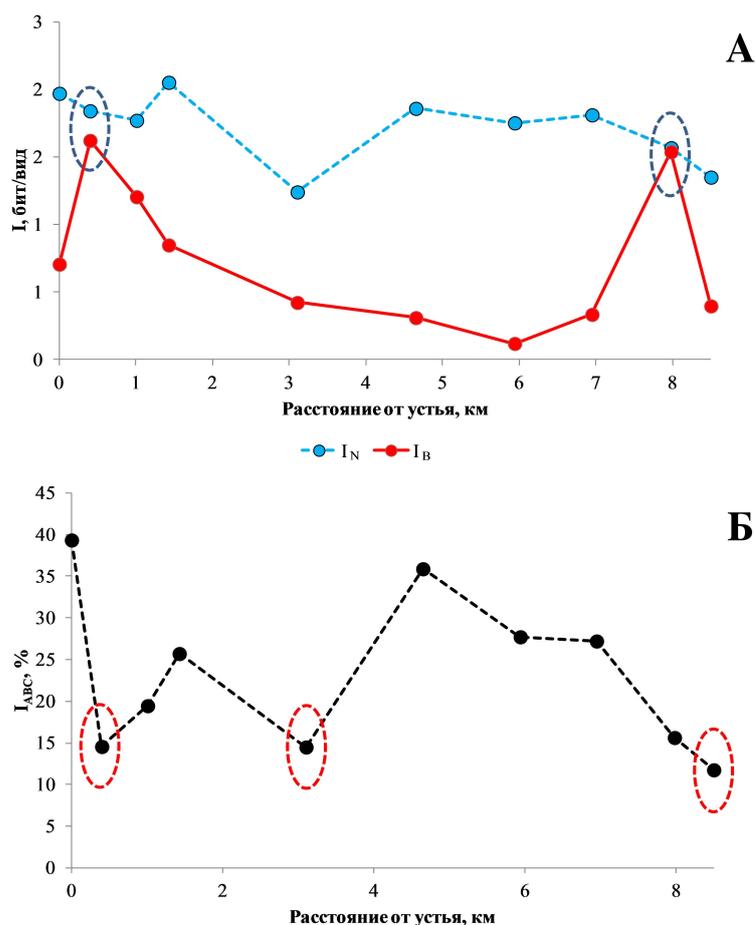


Рис. 5. Изменчивость индекса видового разнообразия I (А) и ABC-индекса I_{ABC} (Б) макробентоса вдоль эстуария реки Сусуя

Fig. 5. Variability of the Shannon–Wiener diversity index I (А) and ABC index I_{ABC} (Б) in macrobenthos along the Susuya River estuary

Заключение. В эстуарии реки Сусуя по гидрологическому режиму и по распределению макробентоса и основных сообществ чётко выделяются пять зон: устьевая, нижнеэстуарная полигалинно-мезогалинная, среднеэстуарная олигогалинная, верхнеэстуарная δ-хорогалинная и пресноводная. В среднеэстуарной зоне отмечен вертикальный градиент солёности от 0,8 до 7,0 (11,0) PSU. Эстуарий реки сверху ограничен галечно-гравийным перекатом с пресной водой.

Видовой состав макрозообентоса представлен 58 видами. Каждой из выделенных зон соответствует свой состав гидробионтов.

Зарегистрирован рост плотности макрозообентоса от устья реки к нижнеэстуарной зоне с последующим снижением показателя у α-хорогалинной границы. В верхнеэстуарной зоне удельная численность резко возрастает до максимума на пресноводном перекате. На нижнеэстуарном участке основу показателя формируют полихеты, гастроподы и амфиподы. В среднеэстуарной зоне самый существенный вклад в общую плотность вносят полихеты и амфиподы; также возрастает роль олигохет и изопод. На разрезах верхнеэстуарной части акватории по плотности наиболее значимы олигохеты и двукрылые насекомые.

В распределении общей биомассы вдоль эстуария определены четыре пика: в области нижнего эстуария, в среднеэстуарной зоне, в верхней части олигогалинной зоны и на перекате, отграничивающем эстуарий от пресноводной части русла реки. Область критически низкой биомассы приходится на δ-хорогалиникум в верхней части эстуария. В устье реки по биомассе наиболее значимы десятиногие раки. В нижнем эстуарии самый существенный вклад в общую плотность вносят двустворчатые моллюски, преимущественно *Macoma balthica*, и гастроподы, в основном *Fluviocingula nipponica* (при меньшем вкладе полихет и десятиногих раков). В среднеэстуарной олигогалинной зоне основу показателя формируют двустворчатые моллюски, представленные почти исключительно *Corbicula japonica*. В области действия δ-хорогалиникума максимальный вклад вносят двукрылые насекомые (хируномиды). На пресноводном перекате главной группой опять становятся десятиногие раки, которые представлены исключительно крабом *Eriocheir japonica*.

По показателям обилия макробентоса и структурным индексам чётко выделяются границы между устьем и нижнеэстуарной зоной, α-хорогалиникум и δ-хорогалиникум. Граница между верхнеэстуарной олигогалинной и пресноводной зонами имеет протяжённость несколько сот метров вдоль эстуария реки Сусуя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Аладин Н. В. Концепция относительности и множественности зон барьерных солёностей // *Журнал общей биологии*. 1988. Т. 49, № 6. С. 825–833. [Aladin N. V. The concept of relativity and plurality of barrier salinity zones. *Zhurnal obshchei biologii*, 1988, vol. 49, no. 6, pp. 825–833. (in Russ.)]
2. Аладин Н. В., Плотников И. С. Концепция относительности и множественности зон барьерных солёностей и формы существования гидросферы // *Труды Зоологического института РАН*. 2013. Т. 317, приложение S3. С. 7–21. [Aladin N. V., Plotnikov I. S. The concept of relativity and plurality of barrier salinity zones and forms of existence of the hydrosphere. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN*, 2013, vol. 317, suppl. S3, pp. 7–21. (in Russ.)]
3. Бурковский И. В., Столяров А. П. Особенности структурной организации макробентоса в биотопе с выраженным градиентом солёности // *Зоологический журнал*. 1995. Т. 74, вып. 2. С. 32–46. [Burkovsky I. V., Stolyarov A. P. Peculiarities of the structural organization of macrobenthos in the biotope with pronounced gradient of salinity. *Zoologicheskii zhurnal*, 1995, vol. 74, iss. 2, pp. 32–46. (in Russ.)]
4. Бурковский И. В., Столяров А. П., Колобов М. Ю. Пространственная организация

- и функционирование морской (эстуарной) прибрежной экосистемы // *Успехи современной биологии*. 2002. Т. 122, № 4. С. 316–325. [Burkovsky I. V., Stolyarov A. P., Kolobov M. Yu. Spatial organization and functioning of a marine (estuary) coastal ecosystem. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 2002, vol. 122, no. 4, pp. 316–325. (in Russ.)]
5. *Водоёмы острова Сахалин: от лагун к озёрам* / В. С. Лабай, И. А. Атаманова, Д. С. Заварзин и др. Южно-Сахалинск : Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей», 2014. 208 с. [*Reservoirs of Sakhalin Island: From Lagoons to Lakes* / V. S. Labay, I. A. Atamanova, D. S. Zavarzin et al. Yuzhno-Sakhalinsk : Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie kul'tury "Sakhalinskii oblastnoi kraevedcheskii muzei", 2014, 208 p. (in Russ.)]
 6. *Водотоки острова Сахалин: жизнь в текущей воде* / В. С. Лабай, Л. А. Живоглядова, А. В. Полтева и др. Южно-Сахалинск : Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей», 2015. 236 с. [*Watercourses of Sakhalin Island: Life in the Running Water* / V. S. Labay, L. A. Zhivogljadova, A. V. Polteva et al. Yuzhno-Sakhalinsk : Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie kul'tury "Sakhalinskii oblastnoi kraevedcheskii muzei", 2015, 236 p. (in Russ.)]
 7. Колпаков Н. В. *Эстуарные экосистемы северо-западной части Японского моря: структурно-функциональная организация и биоресурсы* / Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2018. 428 с. [Kolpakov N. V. *Estuarnye ekosistemy severo-zapadnoi chasti Yaponskogo morya: strukturno-funktsional'naya organizatsiya i bioresursy* / Tikhookeanskii nauchno-issledovatel'skii rybokhozyaistvennyi tsentr. Vladivostok : TINRO-Tsentr, 2018, 428 p. (in Russ.)]
 8. Комендантов А. Ю., Орлова М. И. *Экология эстуарных двусторчатых моллюсков и полихет Южного Приморья* / под ред. А. Д. Наумова ; РАН, Зоологический институт. Санкт-Петербург : ЗИН РАН, 2003. 164 с. (Исследования фауны морей ; вып. 52 (60)). [Komendantov A. Yu., Orlova M. I. *Ecology of Estuarine Bivalve Mollusks and Polychaetes of South Primorye* / A. D. Naumov (Ed.) ; RAS, Zoological Institute. Saint Petersburg : ZIN RAS, 2003, 164 p. (Exploration of the Fauna of the Seas ; iss. 52 (60)). (in Russ.)]
 9. Лабай В. С. Видовой состав макрозообентоса лагун о. Сахалин // *Известия ТИНРО*. 2015. Т. 183. С. 125–144. [Labay V. S. Species composition of macrozoobenthos in lagoons of Sakhalin Island. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 183, pp. 125–144. (in Russ.)]
 10. Лабай В. С. Зоогеографический очерк фауны высших раков (Crustacea Malacostraca) пресных и солоноватых вод острова Сахалин // *Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях*. 2011. Т. 12. С. 131–151. [Labay V. S. Zoogeographical essay of Malacostraca (Crustacea) fauna from fresh and brackish waters of Sakhalin Island. *Water Life Biology, Resources Status and Condition of Inhabitation in Sakhalin-Kuril Region and Adjoining Water Areas : Transactions of Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography*, 2011, vol. 12, pp. 131–151. (in Russ.)]
 11. Лабай В. С. *Paracleistostoma cristatum* De Man, 1895 (Crustacea: Decapoda) – новый для России вид краба из эстуарных вод Южного Сахалина // *Биология моря*. 2004. Т. 30, № 1. С. 72–75. [Labay V. S. *Paracleistostoma cristatum* De Man, 1895 (Crustacea: Decapoda), a crab species new for the fauna of Russia from the estuarine waters of the South Sakhalin. *Biologiya morya*, 2004, vol. 30, no. 1, pp. 72–75. (in Russ.)]
 12. Лабай В. С., Корнеев Е. С., Абрамова Е. В., Ушаков А. А., Ахмадеева Е. С. Макробентос эстуария типичной «лососевой» реки острова Сахалин (на примере р. Мануй) // *Известия ТИНРО*. 2022. Т. 202, № 3. С. 640–660. [Labay V. S., Korneev E. S., Abramova E. V., Ushakov A. A., Akhmadeeva E. S. Macrobenthos in the estuary of a typical "salmon" river of Sakhalin Island (on example of the Manuy River). *Izvestiya TINRO*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 640–660. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2022-202-640-660>
 13. Макеев С. С. *Экологический паспорт реки Сусуя*. Южно-Сахалинск : Кано, 2020. 20 с. [Makееv S. S. *Ekologicheskii pasport reki Susuya*. Yuzhno-Sakhalinsk : Kano, 2020, 20 p. (in Russ.)]

14. *Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России* : методическое пособие / отв. ред. Т. М. Тиунова. Москва : ВНИРО, 2003. 95 с. [*Metodicheskie rekomendatsii po sboru i opredeleniyu zoobentosa pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh vodotokov Dal'nego Vostoka Rossii* : metodicheskoe posobie / Т. М. Tiunova (Ed.). Moscow : VNIRO, 2003, 95 p. (in Russ.)]
15. Михайлов В. Н., Горин С. Л., Михайлова М. В. Новый подход к определению и типизации эстуариев // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2009. № 5. С. 3–11. [Mikhailov V. N., Gorin S. L., Mikhailova M. V. New approach to the definition of estuaries and to their typology. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*, 2009, no. 5, pp. 3–11. (in Russ.)]
16. Петров А. Н., Неврова Е. Л. Прогностическая оценка видового богатства бентосных диатомовых водорослей // *Альгология*. 2012. Т. 22, № 4. С. 360–382. [Petrov A. N., Nevrova E. L. Prognostic estimation of benthic diatoms species. *Al'gologiya*, 2012, vol. 22, no. 4, pp. 360–382. (in Russ.)]
17. *Ресурсы поверхностных вод СССР: гидрологическая изученность*. Т. 18. *Дальний Восток*. Вып. 2 [3]. *Приморье*. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1963. 83 с. [*Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: gidrologicheskaya izuchennost'*. Vol. 18. *Dal'nii Vostok*. Iss. 2 [3]. *Primor'e*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1963, 83 p. (in Russ.)]
18. *Ресурсы поверхностных вод СССР: гидрологическая изученность*. Т. 18. *Дальний Восток*. Вып. 4. *Сахалин и Курилы*. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1964. 124 с. [*Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: gidrologicheskaya izuchennost'*. Vol. 18. *Dal'nii Vostok*. Iss. 4. *Sakhalin i Kurily*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1964, 124 p. (in Russ.)]
19. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 239 с. [*Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1983, 239 p. (in Russ.)]
20. Сафронов С. Н., Литенко Н. Л., Пешеходко В. М., Лабай В. С., Степанова Т. Г., Колганова Т. Н. Эколого-биоценотическая характеристика и качество вод внутренних водоёмов острова Сахалин // *Чтения памяти профессора В. В. Станчинского*. Смоленск : СГПУ, 2000. Вып. 3. С. 321–327. [Safronov S. N., Litenko N. L., Peshekhod'ko V. M., Labay V. S., Stepanova T. G., Kolganova T. N. Ekologo-biotsenoticheskaya kharakteristika i kachestvo vod vnutrennikh vodoemov ostrova Sakhalin. In: *Chteniya pamyati professora V. V. Stanchinskogo*. Smolensk : SGPU, 2000, iss. 3, pp. 321–327. (in Russ.)]
21. Сафьянов Г. А. *Эстуарии*. Москва : Мысль, 1987. 189 с. [Saf'yanov G. A. *Estuarii*. Moscow : Mysl', 1987, 189 p. (in Russ.)]
22. Столяров А. П. *Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем Белого моря* : дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.10. Москва, 2011. 399 с. [Stolyarov A. P. *Strukturno-funktional'naya organizatsiya estuarnykh ekosistem Belogo morya*. [dissertation]. Moscow, 2011, 399 p. (in Russ.)]
23. Столяров А. П. Макробентос эстуарной экосистемы губы Грязной (Кандалакшский залив, Белое море): пространственная структура и разнообразие // *Зоологический журнал*. 2015. Т. 94, № 6. С. 623–633. [Stolyarov A. P. Macrobenthos of a Gryaznaya Bay estuary ecosystem (Kandalaksha Gulf, the White Sea): Spatial structure and diversity. *Zoologicheskii zhurnal*, 2015, vol. 94, no. 6, pp. 623–633. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S0044513415060161>
24. Столяров А. П. Видовое разнообразие и трофическая структура литоральных сообществ макробентоса эстуария реки Чёрная (Кандалакшский залив, Белое море) // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2019а. Т. 124, вып. 4. С. 19–28. [Stolyarov A. P. Species diversity and trophic structure of the littoral communities of the macrobenthos of the estuary of the Black River (Kandalaksha Bay, White Sea). *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii*, 2019a, vol. 124, iss. 4, pp. 19–28. (in Russ.)]
25. Столяров А. П. Видовое разнообразие и трофическая структура литоральных сообществ макробентоса Лапшагиной губы (Кандалакшский залив, Белое море) // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2019б. № 4 (56). С. 34–46.

- [Stolyarov A. P. A species diversity and trophic structure of the macrobenthos littoral communities of the estuary ecosystem of the Lapshagina Lip (Kandalaksha Bay, White Sea). *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2019b, no. 4 (56), pp. 34–46. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26456/vtbio117>
26. Столяров А. П., Бурковский И. В. Нарушение структуры бентосных сообществ в эстуарных экосистемах (Кандалакшский залив, Белое море) // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2018. № 2. С. 88–102. [Stolyarov A. P., Burkovsky I. V. Disruption of the structure of benthic communities in estuarine ecosystems (Kandalaksha Bay, White Sea). *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2018, no. 2, pp. 88–102. (in Russ.)]
 27. Хлебович В. В. *Критическая солёность биологических процессов*. Ленинград : Наука, 1974. 236 с. [Khlebovich V. V. *The Critical Salinity of Biological Processes*. Leningrad : Nauka, 1974, 236 p. (in Russ.)]
 28. Хлебович В. В. Критическая солёность и хорогалиникум: современный анализ понятий // *Биология солоноватых вод*. Ленинград : ЗИН АН СССР, 1989. С. 5–11. (Труды Зоологического института АН СССР ; т. 196). [Khlebovich V. V. Kriticheskaya solenost' i khorogalinikum: sovremenniy analiz ponyatii. In: *Biologiya solonovatykh vod*. Leningrad : ZIN AN SSSR, 1989, pp. 5–11. (Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR ; vol. 196). (in Russ.)]
 29. Чайко А. А. Изменение фоновых концентраций азота аммонийного в водах реки Сусуи в период с весны 2007 по осень 2008 гг. // *Успехи современного естествознания*. 2009. № 9. С. 124–125. [Chayko A. A. Izmenenie fonovykh kontsentratsii azota ammoniinogo v vodakh reki Susui v period s vesny 2007 po osen' 2008 gg. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2009, no. 9, pp. 124–125. (in Russ.)]
 30. Чайко А. А. Результаты семилетнего мониторинга: динамика содержания фосфатов в водах реки Сусуя в 2007–2013 гг. // *Евразийский союз учёных*. 2014. № 6–5. С. 98–99. [Chayko A. A. Rezul'taty semiletnego monitoringa: dinamika sodержaniya fosfatov v vodakh reki Susuya v 2007–2013 gg. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, 2014, no. 6–5, pp. 98–99. (in Russ.)]
 31. Чайко А. А. Результаты пятилетних наблюдений свидетельствуют: сероводородное загрязнение реки Сусуя не связано с поступлением биогенных веществ // *Евразийский союз учёных*. 2015а. № 11-4 (13). С. 118–119. [Chayko A. A. Rezul'taty pyatiletnikh nablyudenií svidetel'stvuyut: serovodorodnoe zagryaznenie reki Susuya ne svyazano s postupleniem biogennykh veshchestv. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, 2015a, no. 11-4 (13), pp. 118–119. (in Russ.)]
 32. Чайко А. А. Изменение содержания сульфида водорода в водах реки Сусуя в 2011–2013 гг. // *Национальная ассоциация учёных*. 2015b. Ч. 11, № 2 (7). С. 5–6. [Chayko A. A. Change of hydrogen sulfide content in River Susuya waters in 2011–2013. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh*, 2015b, pt 11, no. 2 (7), pp. 5–6. (in Russ.)]
 33. Шмидт П. Ю. *Морские промыслы острова Сахалин*. Санкт-Петербург : Типография Г. П. Пожарова, 1905. 458 с. (Рыбные промыслы Дальнего Востока ; 3). [Shmidt P. Yu. *Morskie promysly ostrova Sakhalin*. Saint Petersburg : Tipografiya G. P. Pozharova, 1905, 458 p. (Rybnye promysly Dal'nego Vostoka ; 3). (in Russ.)]
 34. Chao A., Chiu C.-H. Species richness: Estimation and comparison. In: *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2016, pp. 1–26. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118445112.stat03432.pub2>
 35. Labay V. S. Review of amphipods of the *Melita* group (Amphipoda: Melitidae) from the coastal waters of Sakhalin Island (Far East of Russia). III. Genera *Abludomelita* Karaman, 1981 and *Melita* Leach, 1814. *Zootaxa*, 2016, vol. 4156, no. 1, pp. 1–73. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4156.1.1>
 36. Labay V. S. Malacostraca (Arthropoda: Crustacea) of fresh and brackish waters of Sakhalin Island: The interaction of faunas of different origins. In: *Recent Advances in Freshwater Crustacean Biodiversity and Conservation* / T. Kawai, D. C. Rogers (Eds). Boca Raton : CRC Press, 2021, pp. 19–66. <https://doi.org/10.1201/9781003139560>
 37. Marin I. N. Estuarine crabs of the Okhotsk Sea and the Sea of Japan: Rare species and new records. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017, vol. 7 (4), pp. 444–452. https://doi.org/10.15421/2017_140
 38. Meire P. M., Dereu J. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: Some considerations based

- on intertidal macrozoobenthos and bird communities. *Journal of Applied Ecology*, 1990, vol. 27, no. 1, pp. 210–223. <https://doi.org/10.2307/2403579>
39. Pritchard D. W. Estuarine hydrography. *Advances in Geophysics*, 1952, vol. 1, pp. 243–280. [https://doi.org/10.1016/S0065-2687\(08\)60208-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2687(08)60208-3)
40. Shannon C. E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, vol. 27, iss. 3, pp. 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
41. Shannon C. E., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Vol. 1. Urbana, IL : University of Illinois Press, 1949, 117 p.
42. Warwick R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 1986, vol. 92, iss. 4, pp. 557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00392515>
43. *WORMS. World Register of Marine Species* : [site]. URL: <http://www.marinespecies.org/> [accessed: 06.01.2023].

MACROZOOBENTHOS OF THE SUSUYA RIVER ESTUARY (SAKHALIN ISLAND): I. HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE ESTUARY, SPECIES COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF MACROZOOBENTHOS

V. Labay, E. Korneev, E. Abramova, O. Berezova,
A. Vodop'janova, K. Kostyuchenko, O. Sharlay, and T. Shpilko

Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO),
Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation
E-mail: v.labaj@yandex.ru

The paper provides description of species composition of macrozoobenthos, its structure, quantitative indicators, and features of distribution along the riverbed of the Susuya River estuary (Sakhalin Island). By hydrological characteristics and macrobenthos parameters, the main biotopic zones of the estuary are distinguished: the mouth (polyhaline zone), the lower estuary polyhaline–mesohaline zone, the middle estuary oligohaline zone, the upper estuary δ -chorohaline zone, and the freshwater zone. In total, 58 species of bottom hydrobionts were found in the river estuary. Malacostraca, 22 species, forms the basis of the species composition. Amphibiotic insects account for 15 species; Polychaeta, 9 species; and Mollusca, 7 species. Other groups are represented by 1–2 species. Each identified zone features its own, specific composition of bottom hydrobionts. Species richness decreases from the mouth with the sea salinity of water (30 species) to the α -chorohaline boundary (12 species) which corresponds to provisions of the theory of critical salinity. The value increases to 20 species when moving to the freshwater zone of the riverbed. The density of macrobenthos rises from $(476 \pm 59) \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ at the river mouth to $(6,653 \pm 915) \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ in the center of the lower estuary. The minimum density, $(653 \pm 72) \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$, characterizes the α -chorohalinity, while the maximum one, $(3,529 \pm 336) \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$, is confined to the upper estuary. The basis of macrozoobenthos density is formed by polychaetes, gastropods, and amphipods in the lower estuary; by polychaetes, amphipods, and oligochaetes in the middle estuary; and by oligochaetes and dipterans in the upper estuary. Four areas with high biomass were registered: the lower estuary, $(51.2 \pm 5.7) \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; the middle estuary, $(190.5 \pm 41.2) \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; the upper estuary, $(397.5 \pm 82.0) \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; and the riffle separating the estuary from the freshwater zone of the riverbed, $(23.4 \pm 2.78) \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. At the river mouth, decapods form the basis of macrozoobenthos biomass. Upstream, the main contributors are bivalves, chiefly *Macoma balthica*, and gastropods, mostly *Fluviocingula nipponica*. In the middle estuary oligohaline zone, bivalves form the basis of macrozoobenthos biomass; those are represented almost by *Corbicula japonica* alone. At the boundary of the oligohaline zone and upper estuary, Diptera species (Chironomidae) predominate. On the freshwater riffle, decapods become the main group again; those are represented by a crab *Eriocheir japonica* alone. The boundaries between the mouth and lower estuary zone, α -chorohalinity and δ -chorohalinity, are clearly distinguished by macrobenthos abundance and structural indices. The boundary between the upper estuary oligohaline zone and freshwater zone extends for several hundred meters along the estuary.

Keywords: estuary, salinity, macrozoobenthos, density, biomass, Sakhalin Island