

УДК 557.170.49 : 594.11 : 577.118

**Е.А. Жадько<sup>1</sup>, Н.И. Стеблевская<sup>1,2</sup>, Н.В. Полякова<sup>2</sup>, С.В. Чусовитина<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б<sup>2</sup>Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, 690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостоку, 159**МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ  
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

*Изучено содержание некоторых микроэлементов в мышечной ткани, коже, жабрах, половой железе, печени минтая и дальневосточной мелкочешуйной краснопёрки, а также в тунике и мантии асцидии стиелы булавовидной зал. Петра Великого (Японское море). Показаны особенности распределения и накопления микроэлементов органами и тканями этих гидробионтов. У обоих видов рыб отмечен сравнительно высокий уровень содержания железа, меди и цинка в печени и гонаде. Концентрация мышьяка в коже, печени, гонаде и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у краснопёрки. У асцидии уровень накопления микроэлементов в тунике выше, чем в мантии. В тунике содержится вдвое больше фосфора, втрое больше серы и брома, в пять раз больше марганца. Концентрация мышьяка в тунике на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии асцидий. Токсичные тяжелые металлы хром и кадмий в тканях гидробионтов не обнаружены.*

**Ключевые слова:** микроэлементы, рыбы, кожа, жабры, половая железа, печень, асцидии, туника, мантия.

**E.A. Zhadko, N.I. Steblevskaya, N.V. Polyakova, S.V. Chusovitina  
TRACE ELEMENT IN TISSUES OF SOME SPECIES  
OF AQUATIC ORGANISMS GULF OF PETER THE GREAT**

*The maintenance of some trace elements in muscle, skin, gills, gonad and liver of a pollock and rudd, and also in tunic and cloak of an ascidian *Styela clava* of Peter the Great Bay (Sea of Japan) have been studied. The features of distribution and accumulation of trace elements in organs and tissues of these aquatic organisms have been determined. At both species of fish rather high level of the content of iron, copper and zinc in a liver and gonad is noted. Concentration of an arsenic in skin, liver, gonad and muscle tissues of a pollock as a whole is higher, than at the rudd. At an ascidian the level of accumulation of some trace elements in a tunic is higher, than in a cloak. The tunic contains twice more phosphorus, bromines are three times more gray also, is five times more larger than manganese. Concentration of an arsenic in a tunic in times more, and is twice more than lead, than in a cloak of ascidian. Toxiferous heavy metals chrome and cadmium in tissues of aquatic organisms are not found.*

**Key words:** trace elements, fishes, gills, skin, gonad, liver, ascidians, tunic, cloak.

**Введение**

Зал. Петра Великого является уникальным по своим географическим особенностям, биологическому разнообразию и богатству ресурсов. Здесь развито прибрежное рыболовство, функционируют марикультурные хозяйства, в промышленных объемах добываются водоросли [1]. Известно, что заливы, являющиеся зонами смешения пресных и морских вод, рассматриваются как геохимические барьеры, на которых происходит осаждение многих растворенных и взвешенных в речной воде веществ [2, 3, 4]. Именно такие районы являются зонами аккумуляции токсикантов.

Состояние экосистем зал. Петра Великого и выявление механизмов поддержания их нормального функционирования имеет особое значение, учитывая особенности природ-

ных условий в сочетании с рыбным промыслом, с одной стороны, и разнообразной хозяйственной деятельностью – с другой стороны. Для исследования нами выбраны максимально удаленная от влияния бытовых и промышленных стоков бухта Северная, в которой более десяти лет существует Научно-производственная база марикультуры Дальрыбвтуза и работает мини-завод по воспроизводству дальневосточного трепанга и приморского гребешка, прибрежные акватории о-ва Русский, где создается мощная инфраструктура кампуса Дальневосточного федерального университета и идет активное освоение территории острова, а также зал. Лебединый бухты Экспедиции, характеризующийся напряженным экологическим состоянием.

Знание микроэлементного состава органов и тканей морских промысловых гидробионтов позволяет более правильно судить об их качестве, пищевой ценности и безопасности, кроме того, в этом направлении требуются дальнейшие исследования для установления пороговых концентраций, превышение которых ведет к необратимым физиологическим процессам. Полученная нами информация о содержании микроэлементов, в том числе токсичных, в тканях минтая и красноперки – представителей промысловых видов рыб – и асцидии булавовидной дополняет и расширяет сведения о химико-экологической ситуации в зал. Петра Великого. Данная работа является частью проводимого нами комплексного исследования химического состава тканей гидробионтов зал. Петра Великого.

#### **Объекты и методы исследований**

Изучен микроэлементный состав дальневосточной мелкочешуйной красноперки (*Tribolodon brandtii*), минтая (*Theragra chalcogramma*) и асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*), отобранных в ряде районов зал. Петра Великого (Японское море): бухте Северной, зал. Лебединый бухты Экспедиции и прибрежных акваториях северо-восточной части о-ва Русский.

Для исследования взяты кожа, мышечная ткань, жабры, гонады и печень красноперки (*Tribolodon brandtii*) и минтая (*Theragra chalcogramma*), а также кожно-мышечный мешок (мантия) асцидии (*Styela clava*). Всего анализу подвергнуто по 30 проб органов и тканей каждого вида гидробионтов. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями [5, 6, 7]: образцы помещали в тефлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислот (1:2) и разлагали в микроволновом реакторе Milestone Ultra-Clave (Италия) 60 мин при 200 °С и давлении 60 атмосфер. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением (TXRF) на приборе TXRF 8030 C (FEI Company, Germany). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения – 500 с, источники возбуждения –  $MoK_{\alpha}$  и  $WBr_{35}$ . Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 50 мкг/мл. Предел обнаружения варьирует для различных элементов в пробах от  $10^{-7}$  до  $10^{-10}$  %.

Все цифровые данные представлены как среднее арифметическое  $\pm$  стандартное отклонение.

#### **Результаты и их обсуждение**

Согласно исследованиям Н.П. Морозова и С.А. Петухова [8] химические элементы по-разному ведут себя в процессах миграции по пищевым цепям: одни обнаруживают тенденцию к уменьшению, другие – к накоплению в гидробионтах более высоких трофических уровней. Направленность и активность биологической миграции элементов в тканях водных жителей обусловлены их физико-химическими свойствами, содержанием в окружающей среде и потребляемой пище.

Очевидно, что таксономически близкие гидробионты, обитающие в одном и том же водном объекте, должны иметь определенное сходство в микроэлементном составе в силу значительной однородности среды [5, 9, 11]. Однако специфика вида, характер питания, образ жизни, локальные загрязнения в водоемах обуславливают различия между ними в содержании микроэлементов в тканях и других органах.

Рыбы, являясь важным компонентом морских экосистем, играют ключевую роль в трофической структуре водоемов. Добыча промысловых рыб – один из основных источников ценного белкового сырья для человека. В связи с загрязнением морской среды актуальна оценка качества рыбного сырья с точки зрения содержания в нем токсичных металлов.

Имеются литературные данные, указывающие на наличие индивидуальной дифференциации содержания металлов в зависимости от экологической специфики рыб, а именно на преобладание тяжелых металлов в организме бентофагов [7]. В то же время было показано, что рыбы разных видов из одного водоема обнаруживают больше сходства в картине распределения тяжелых металлов, чем один и тот же вид из разных, особенно внутренних, водоемов [7, 12].

Результаты микроэлементного анализа проб образцов печени, жаберной и мышечной тканей рыб – красноперки и минтая – приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Наши исследования выявили определенное сходство и различия в накоплении органами и тканями минтая и красноперки ряда микроэлементов. Как видно из табл. 1 и 2, концентрации P, S, K и Ca в целом имеют большие значения, при этом не обнаружено корреляции между уровнем накопления этих элементов, видовой и тканевой принадлежностью. Такие тяжелые металлы, как цинк, медь, железо также присутствуют в пробах всех анализируемых тканей рыб. Известно, что железо, цинк и медь активно участвуют в процессах легочного и тканевого дыхания, а также в процессах кроветворения и синтезе гемоглобина рыб [8].

Наиболее высокие значения концентрации железа отмечены для ткани печени красноперки (143-368 мкг/г) и жабр минтая (67,5-99,7 мкг/г). В остальных исследованных тканях рыб числовые значения концентрации железа одного порядка, хотя обладают значительной вариабельностью. У обоих видов рыб отмечен сравнительно высокий уровень содержания меди в печени (5,4-12,4 мкг/г), что вполне согласуется с литературными данными о депонировании меди в составе пигмента гепатокупреина печени, который используется в организме для синтеза цитохромоксидазы и других ферментов.

В ткани половой железы красноперки отмечена достаточно высокая концентрация цинка (37,2-49,5 мкг/г), который влияет на активность половых и гонадотропных гормонов гипофиза рыб [13]. Цифровые значения содержания марганца в ткани жабр и гонады у обоих видов рыб сходны, тогда как в печени и мышечной ткани красноперки марганец не выявлен. Многие авторы отмечают связь марганца с половыми гормонами. Участвуя в биологическом катализе и стимулируя белковый, углеводный и жировой обмены, марганец оказывает значительное влияние на рост, размножение и кроветворение рыб [14]. Концентрация токсичного элемента мышьяка в печени и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у красноперки, тогда как в жабрах и ткани гонады красноперки мышьяк не обнаружен. Считается, что между общим содержанием мышьяка в организме и его токсичностью нет однозначной зависимости: следует отметить, что токсичные гидратированные ионы мышьяка в тканях рыб сразу связываются в органические комплексы, которые практически безвредны для организма. При этом общая концентрация вещества в организме не меняется [8]. Уровень содержания брома в тканях минтая выше, чем у красноперки. Такая специфика распределения марганца, мышьяка и брома, по-видимому, обусловлена эколого-физиологическими особенностями данных видов рыб. Концентрация и

распределение селена, являющегося биологически активным микроэлементом, обеспечивающим нормальную функцию ферментативной антиоксидантной системы организма [15, 16], в тканях обоих видов рыб носят сходный характер. Токсичные тяжелые металлы свинец, хром, кадмий не обнаружены ни в одном из органов и тканей минтая и красноперки. В нашей работе не выявлена корреляция уровней накопления микроэлементов в органах и тканях рыб и районов зал. Петра Великого, в которых брали материал для исследования, можно лишь отметить общую тенденцию к увеличению концентраций по ряду микроэлементов для зал. Лебединый бухты Экспедиции, неблагоприятной в экологическом отношении (табл. 1, 2).

При анализе экологической ситуации в прибрежных водах зал. Петра Великого наряду с грунтами для оценок качества водной среды используют организмы-индикаторы (иглокожие, двустворчатые моллюски, водоросли). Химический состав тканей этих гидробионтов как интегральный показатель качества среды обитания хорошо изучен [17, 18, 19, 20]. Однако до сих пор практически не исследованы индикаторные свойства асцидий – животных, принадлежащих к типу хордовых, подтипу оболочников, фильтраторов, ведущих прикрепленный образ жизни, образующих одиночные и колониальные формы. Химический состав этих животных характеризуется наличием специфических, характерных только для них компонентов из разряда пептидов [21], каротиноидов [22, 23, 24], алкалоидов [25, 26], углеводов [27, 28, 29]. В настоящее время известно более 100 видов асцидий, обитающих в дальневосточных и арктических морях, из них около 35 обитают в зал. Петра Великого. Биотехнологический и биогенный потенциал асцидий представляет значительный интерес и еще не получил объективной оценки.

Данные микроэлементного анализа туники и кожно-мускульного мешка (мантии) асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*) представлены в табл. 3.

Таблица 1

**Концентрации микроэлементов в тканях красноперки,  
мкг/г воздушно-сухой массы**

Table 1

**Concentration of trace elements in tissues of the rudd,  
mkg/g of air-dried weight**

Элемент	Мышцы			Печень			Жабры			Гонада		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P	870	910	979	597	1070	854	5524	7012	5148	491	1806	1340
S	1183	1228	1637	894	1212	385	985	1227	1221	381	823	1212
K	1878	2013	2116	1280	1899	761	1238	1208	1226	704	1768	1501
Ca	373	284	141	113	510	46.6	9918	11205	7948	34.1	79.9	62.8
Mn	-	-	-	-	-	-	4.76	12.22	12.34	1.46	1.21	1.42
Fe	4.38	10.13	7.39	143	368	133	47.1	220	49.1	35.7	50.1	58.9
Cu	0.496	0.910	0.865	5.59	4.46	4.77	1.41	1.33	0.963	1.73	1.23	1.25
Zn	10.01	11.26	9.87	29.23	35.4	30.4	28.99	29.34	29.50	49.5	37.2	55.7
As	0.99	0.97	0.823	2.39	1.13	1.49	-	-	0.955	-	-	0.432
Se	0.350	0.620	0.445	1.24	1.28	1.58	0.997	0.959	0.702	2.68	1.33	1.53
Br	0.633	1.39	0.419	1.91	3.77	1.48	2.57	3.75	3.31	1.23	2.28	2.12
Rb	2.51	2.54	2.32	1.62	1.80	1.44	1.72	1.88	1.59	2.03	2.78	2.21
Sr	6.76	5.33	1.63	1.71	6.33	1.29	142	149	127	0.73	1.38	0.706
Ba	-	-	-	-	-	-	-	3.66	2.06	1.22	1.11	0.981

Примечание. 1 – бухта Северная; 2 – зал. Лебединый; 3 – прибрежные акватории о-ва Русский.

Таблица 2

## Концентрации микроэлементов в тканях минтая, мкг/г воздушно-сухой массы

Table 2

## Concentration of trace elements in tissues of pollock, mkg/g of air-dried weight

Ткани минтая	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Br	Rb	Sr	Mo	J	Ba	Pb
1	Жабры	1669	713	645	6201	5.5	67.5	7.72	1.9	22.7	1.26	1.39	9.83	3.17	173			734	
	Кожа	935	1101	1332	2092	4.8	83.1	4.3	1.5	8.01	10.1	2.89	6.45	3.00	62.0			6.67	
	Печень	640	572	665	22.1		26.6		5.4	20.0	4.56	0.97	8.28	0.64	3.49		4.95		
	Гонада	221	1065	153	609	5.97	336	0.63	4.3	12.6	0.59		44.5	0.33	19.5	0.39	1.06		5.7
2	Мышца	1527	2119	2770	142	5.63	36.2		0.6	4.15	11.8	0.31	6.13	0.54	1.16	0.64			
	Жабры	10546	2107	1954	25881	5.3	98.1	3.89		25.9	1.21	1.05	6.85	3.73	229			508	
	Кожа	1225	1637	1856	3387	32.6	4.1	147	2.1	30.9	4.55	0.88	5.20	2.76	46.7			9.52	
	Гонада	513	948	335			2.1	12.9	0.39	1.3	26.6	0.87	1.31	7.69	4.92		0.88		
3	Мышца	1669	2467	2577	85.5	3.9	21.4	0.57	0.7	5.59	7.52	0.26	2.19	0.75	1.95	0.25	0.69	2.26	
	Кости	4071	850	469	13418		94.6		3.2	25.4	3.88	2.35	6.48	2.61	508	2.25			
	Жабры	1952	875	829	7874	9.7	99.2		2.83	29.7	1.89	1.61	10.4	2.81	151				
	Кожа	152	118	426	1041	6.42	1.1	32.6	0.25	0.28	4.93	0.16	1.20	0.93	7.05				
3	Печень	1564	1061	1604	1747	41.4	74.9	0.62	12.4	25.2	10.0	0.93	12.1	1.74	5.85		0.88		
	Гонада	2804	3206	2434	229	3.2	32.5		2.03	48.4	75.7	1.38	8.90	8.44	22.2			337	
	Мышца	606	1057	1204	489	1.2	22.6	0.58	0.7	6.01	13.9	0.49	4.59	1.27	3.28		0.52		

Примечание. 1 – бухта Северная; 2 – зал. Лебединый бухты Экспедиции; 3 – прибрежные акватории о-ва Русский.

Таблица 3

**Концентрации микроэлементов в тунике и мантии асцидии булавовидной бухты Северной, мкг/г воздушно-сухой массы**

Table 3

**Concentration of trace elements in tunic and cloak of an ascidian *Styela clava* of the bay Northern, mkg/g of air-dried weight**

Ткани асцидии	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Br	Rb	Sr	Mo	Ba	Pb
1	203	366	130.5	893	25.5	4.41	426	1.43	2.60	13.99	0.488	0.461	7.63	1.46	9.83		2.83	3.53
Туника	479	1479	483	1989	19.89	80.2	404	1.99	4.17	23.42	0.536	0.625	47.9	3.22	26.96			7.08
2	214	339	259	1376	13.48	3.17	211	0.999	1.71	14.59		0.618	6.23	1.25	15.03		2.14	1.39
Туника	1303	2907	686	1321		6.09	357	1.60	3.20	15.33	68.57	0.560	34.79	0.741	34.03		354	2.66
3	293	622	794	2492	20.59	5.72	214	0.900	2.35	18.33		0.765	9.78	3.34	50.84		9.32	0.996
Туника	222	1000	189	1155	6.78	61.2	383	1.22	4.29	17.58	0.702	0.177	64.93	0.274	23.41			4.08
4	427	1021	248	1213		5.43	134	1.25	3.29	22.81		0.918	22.45	0.586	17.93			1.24
Туника	2492	2207	1524	210		1.82	13.89	0.568	1.64	36.38	16.87	1.034	10.22	0.656	7.11		80.36	1.07
5	413	718	184	603	24.39	8.99	1029	1.41	7.81	43.79	1.036	0.741	20.19	1.306	24.55	0.965		3.12
Туника	252	680	100	482	8.03	41.03	287	0.852	4.49	15.26	0.852	0.221	57.23	0.405	20.77	0.431		3.21
6	89.67	109	327	894	6.43	1.86	124	0.210	0.359	2.65	0.162	0.086	0.932	0.938	12.26		1.801	0.356
Туника	205	477	248	2459	6.95	4.49	566	0.496	1.47	8.51	0.372	0.138	11.51	0.599	38.36			1.49
7	162	389	428	1548	12.96	4.39	474	0.873	1.93	11.09	0.358	0.333	7.44	1.11	13.88			1.04
Туника	404	2032	478	4529	23.83	13.46	1927	1.86	6.17	24.70	1.44	0.487	40.15	2.35	85.63		12.91	5.30
8	678	927	211	1160	24.32	9.64	1478	1.80	14.75	38.19	0.999	1.099	17.13	1.79	37.94	0.524	3.87	6.63
Туника	361	913	235	388	26.79	12.13	1887	1.59	20.15	26.21	1.77	0.333	40.34	1.006	39.99			7.21
Ср. знач.	310	561	322	1272	15.9	5.45	511	1.10	4.36	20.7	0.37	0.62	11.5	1.47	22.8		3.9	2.3
Ср. знач.	715	1461	493	1566	11.5	27.5	728	1.27	5.7	20.9	11.3		38.4	1.15	26.9		149	4.0

Изучение микроэлементного состава тканей асцидии бухты Северной показало, что в целом уровень накопления микроэлементов в тунике выше, чем в мантии. Средние концентрации кальция, калия, железа, цинка, меди и титана в тунике и мантии асцидий достигают больших значений. В тунике содержится вдвое больше фосфора, в два с половиной – три раза больше серы и брома, в пять раз больше марганца. Концентрация токсичного мышьяка в тунике на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии асцидий. Такие тяжелые металлы, как хром и кадмий не обнаружены в тунике и мантии асцидий.

Порядок убывания концентраций микроэлементов в тунике и мантии асцидии (табл. 3) имеет следующий вид:

Ca > S > Fe > K > P > Sr > Zn > Ti > Br > Mn > Cu > Pb > As – мантия;

Ca > S > Fe > P > K > Br > Sr > Mn > Zn > Ti > As > Cu > Pb – туника.

Следует отметить, что сведения относительно состава и распределения микроэлементов в тканях дальневосточных асцидий крайне немногочисленны, определение концентраций микроэлементов произведено для другого вида – асцидии пурпурной и с помощью менее совершенных методик [30, 31, 32]. Сравнительный анализ уровней концентрации некоторых микроэлементов в тунике и мантии пурпурной асцидии [32] и наших данных выявил некоторые различия. Так, в мантии и тунике асцидии стиелы булавовидной числовые значения концентраций железа, меди и свинца (Fe – 511,25-728 мкг/г; Cu – 4,36-5,7 мкг/г; Pb – 2,3-47 мкг/г) значительно выше, чем у пурпурной асцидии (Fe – 15,42-47,77 мкг/г; Cu – 2,2-3,1 мкг/г; Pb – 0,48-0,63 мкг/г), в то время как уровень концентрации цинка и марганца (Zn – 20,68-20,9 мкг/г; Mn – 27,5 мкг/г) ниже по сравнению с таковым у пурпурной асцидии (56,39-52,73 мкг/г). Выявленные различия концентраций микроэлементов в тканях асцидий могут быть обусловлены как их видовой специфичностью, так и методическими особенностями определения микроэлементного состава.

Полученные нами данные о составе и распределении микроэлементов в тканях асцидии стиелы булавовидной представляют определенный интерес, поскольку данные гидробионты могут быть использованы не только как организмы-биоиндикаторы, но и в качестве сырья для изготовления новых лекарственных препаратов и биологически активных добавок.

### Выводы

Изучен микроэлементный состав печени, жабр, гонады, кожи и мышечной ткани дальневосточной мелкочешуйной красноперки (*Tribolodon brandtii*) и минтая (*Theragra chalcogramma*). Во всех пробах анализируемых тканей рыб концентрации биологически активных элементов – P, S, K и Ca – имеют достаточно большие значения. При этом не обнаружено корреляции между уровнем накопления этих элементов, видовой и тканевой принадлежностью.

Тяжелые металлы – свинец, хром, кадмий – в органах и тканях исследованных видов рыб не обнаружены. Концентрация мышьяка в печени и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у красноперки, при этом в жабрах и ткани гонады красноперки мышьяк не обнаружен. У обоих видов рыб отмечен достаточно высокий уровень содержания меди в печени.

Исследование микроэлементного состава туники и кожно-мышечного мешка (мантии) асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*) показало, что средние значения концентрации кальция, калия, железа, цинка, меди и титана в тунике асцидии значительно выше, чем в мантии. Концентрация высокотоксичного мышьяка в тунике асцидии на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии. Тяжелые металлы – хром и кадмий – в тканях асцидии не обнаружены.

## Список литературы

1. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. – Т. 193. – С. 167-152.
2. Турекьян К. Судьба металлов в эстуариях // Химическое загрязнение морской среды: тр. I сов.-америк. симпоз. Одесса. 24-28 мая 1979. – Л.: Гидромет, 1979. – С. 38-47.
3. Лисицын А.П., Демина Л.Л., Гордеев В.В. Геохимический барьер река-море и его роль в осадочном процессе // Биогеохимия океана. – М.: Наука, 1983. – С. 32-47.
4. Сафьянов Г.А. Эстуарии. – М.: Мысль, 1987. – 189 с.
5. Методические указания 4.1.005-4.1.008-94 Госкомсанэпиднадзора.
6. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 43 с.
7. Кашулин Н.А., Решетников Ю.С. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в субарктических водоемах // Вопр. ихтиологии. – 1995. – Т. 35, № 5. – С. 687-697.
8. Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
9. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Медков М.А. Микроэлементный состав некоторых видов родов *Lespedeza*, *Caragana* (Fabaceae) и *Patrinia* (Valerianaceae) флоры Дальнего Востока // Растительные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 102-110.
10. Петухов С.А., Морозов Н.П. К вопросу о «видовых» различиях микроэлементного состава рыб // Вопр. ихтиологии. – 1983. – Т. 23, № 5. – С. 870-873.
11. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тенденции изменения химико-экологической ситуации в прибрежных акваториях Приморья // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 137. – С. 310-320.
12. Зиновьев В.А. Ихтиологический кадастр и мониторинг водоемов Краснокамского района. – Пермь: Перм. ун-т, 2006. – 148 с.
13. Малышева Т.Д. Метаболизм цинка у карпа при различных экологических условиях: дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1981. – 195 с.
14. Порохонская Е.М. Микроэлементы донных отложений рыбоводных прудов в Украинской ССР и перспектива использования микроудобрений в рыбоводстве: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Харьков, 1970. – 22 с.
15. Голубкина Н.А., Чиженкова О.А., Зайцев В.Ф., Камакин А.М. Содержание селена в мышечной ткани морских видов рыб в Каспийском море / Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. – 2009. – № 2. – С. 44-46.
16. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. – М.: Наука, 1974. – 298 с.
17. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
18. Кавун В.Я. Возрастная динамика микроэлементного состава тканей долгоживущих митилид *Srenomytilus gray anus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 1. – С. 62-67.
19. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кичу Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 1 (25). – С. 185-190.
20. Кичу Д.П., Ковековдова Л.Т. Металлы и металлоиды в промысловых моллюсках залива Петра Великого (Японское море) // Современное состояние водных биоресурсов: материалы науч. конф. – Владивосток, 2008а. – С. 537-541.
21. Jang W.S., Kim K.N., Lee Y.S., Nam M.H., Lee H. Halocidin: a new antimicrobial peptide from hemocytes of the solitary tunicate, *Halocynthia aurantium* // FEBS Lett. – 2002. – Vol. 521. – P. 81-86.

22. Ookubo M., Matsuno T. Carotenoids of Sea Squirts II. Comparative Biochemical studies of carotenoids in Sea Squirts // *Comp. Biochem. Physiol.* – 1985. – Vol. 81B, № 1. – P. 137-141
23. Choi B.D., Kang S.J., Choi Y.J., Youm M.G., Lee K.H. Utilization of ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. 3. Carotenoid composition of ascidian tunic // *J. Korean Fish. Soc.* – 1994a. – Vol. 27, № 4. – P. 344-350.
24. Белорукова А.А., Задорожный П.А., Пивненко Т.Н., Якуш Е.В. Оценка содержания каротиноидов у асцидий *Halocynthia aurantium* и *Styela clava* // *Изв. ТИНРО.* – 2006. – Т. 147. – С. 347-353.
25. Еляков Г.Б., Стоник В.А. Морская биоорганическая биохимия – основа морской биотехнологии // *Изв. Академии наук. Сер. химическая.* – 2003. – № 1. – С. 1-18.
26. Agrawal M., Bowden B., McCool B., Willis R. Alkaloids and peptides from Australian sponges and Ascidians // *International symposium on marine drugs.* 2004.
27. Anno K., Otsuka K., Nobuko S. A chitin sulfite-like polysaccharide from the test of the tunicate *Halocynthia roretzi* // *Biochem. Biophys. Acta.* – 1974. – Vol. 362. – P. 215-219.
28. Jong B.C., Ruck J.H., Jung W.J. Functional properties of sulfated polysaccharides in ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic // *J. Korean Fish. Soc.* – 1998. – Vol. 31, № 3. – P. 447-451.
29. Cavalcante M., Mourao P., Pavao M. Isolation and characterization of a highly sulfated heparan sulfate from ascidian test cell // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1999. – Vol. 1428. – P. 77-87.
30. Саватеева Л.Ю., Маслова М.Г., Володарская В.Л. Дальневосточные голотурии и асцидии как ценное пищевое сырье. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1983. – С. 184.
31. Саенко Г.Н. Металлы и галогены в морских организмах. – М.: Наука, 1992. – 200 с.
32. Косьяненко А. Изменение концентрации микроэлементов в тканях пурпурной сцидии *Halocynthia Aurantium* // *Актуальные проблемы экологии, морской биологии и биотехнологии: материалы X регион. конф. студентов, аспирантов вузов и научных организаций Дальнего Востока России.* – Владивосток: ДВФУ, 2011.

**Сведения об авторах:** Жадько Елена Александровна,  
кандидат биологических наук, доцент;  
Стеблевская Надежда Ивановна, доктор химических наук, профессор,  
e-mail: [steblevskaya@ich.dvo.ru](mailto:steblevskaya@ich.dvo.ru);  
Полякова Наталья Владимировна, кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник, e-mail: [polyakova@ich.dvo.ru](mailto:polyakova@ich.dvo.ru);  
Чусовитина Светлана Васильевна, кандидат биологических наук, доцент,  
e-mail: [chusovitinasv@mail.ru](mailto:chusovitinasv@mail.ru).