ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 557.170.49:594.11:577.118

Е.А. Жадько[1], С.В. Чусовитина[1] Н.И. Стеблевская[1,2], Н.В. Полякова[2]
[1]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б
[2]Институт химии ДВО РАН,
690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостоку, 159

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ АСЦИДИЙ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Изучен химический состав туники и мантии асцидии стиелы булавовидной, болтении колючей и ционы интестиналис зал. Петра Великого (Японское море). Выявлены существенные видовые различия в накоплении туникой и мантией указанных видов асцидий макро- и микроэлементов. Уровень содержания элементов у болтении колючей в целом в несколько раз выше, чем у стиелы булавовидной, наиболее высоких значений достигают концентрации серы, кальция и железа. У ционы интестиналис уровень концентрации микроэлементов значительно ниже по сравнению с двумя другими видами асцидий, в тканях преобладают бром и железо.

***Ключевые слова**: макроэлементы, микроэлементы, туника, мантия, асцидии.*

E.A. Zhadko[1], S.V. Chusovitina[1], N.I. Steblevskaya[1,2], N.V. Polyakova[2]

MACRO- AND MICRO ELEMENTS IN TISSUES OF SOME SPECIES OF ASCIDIANS OF PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN)

Chemical composition of tunic and cloak of an ascidian Styela clava, Boltenia echinata, and Ciona intestinalis of Peter the Great Bay (Sea of Japan) is studied. Substantial specific differences are educed in an accumulation macro- and microelements by a tunic and cloak of the indicated spesies of ascidias. Level of maintenance of elements at Boltenia echinata on the whole in several times is higher, that at Styela clava, concentration of sulphur, calcium and iron arrives at the most high values. At Ciona intestinalis the concentration of microelements considerably below as compared to other types of ascidias, a bromine and iron prevail in tissues.

***Key words:** macroelements, microelements, tunic, clock, ascidian.*

Введение

Современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется многофакторностью и неравномерностью воздействия человека на морские экосистемы и биоресурсы. Тревожной чертой этой глобальной картины является совпадение областей повышенной биопродуктивности с районами наиболее сильного антропогенного пресса [1]. Антропогенные факторы, действующие на морские экосистемы, разнообразны и, как правило, имеют комплексный характер и множественные экосистемные последствия. Устойчивость водных экосистем в значительной мере зависит от эффективности трофических взаимоотношений гидробионтов. При этом тепловое загрязнение, закисление водоемов, а также токсичные отходы производства и вызываемый ими стресс становятся лимитирующими факторами для функционирования водных сообществ [2].

Одной из составляющих мониторинговых исследований антропогенного воздействия на морские экосистемы является изучение микроэлементного состава гидробионтов. Важное место в биогенной миграции микроэлементов в морских биогеоценозах занимают организмы – концентраторы. Выяснено, что содержание микроэлементов в тканях некоторых двустворчатых моллюсков, микро- и макроводорослей и морских трав отражает распределение этих элементов в морской среде. Известны экологические группы двустворчатых моллюсков, которые аккумулируют микроэлементы в количестве до 105 % от их содержания в среде обитания. Такая способность отдельных видов адекватно отражать ситуацию в среде, распространенность и малая миграционная активность позволяют использовать их в качестве биоиндикаторных организмов [3].

Асцидии – животные, принадлежащие к типу хордовых, подтипу оболочников, фильтраторы, ведущие прикрепленный образ жизни, образующие одиночные и колониальные формы, наряду с двустворчатыми моллюсками являются одним из функциональных звеньев морских экосистем, через которые проходят потоки микроэлементов с последующим их отложением в донные осадки. Эти гидробионты способны к избирательному накоплению высоких концентраций ванадия и некоторых других микроэлементов [4, 5]. Химический состав этих животных характеризуется наличием специфических, характерных только для них компонентов из разряда пептидов, каротиноидов, алкалоидов и углеводов [6, 7, 8, 9]. В настоящее время известно более 100 видов асцидий, обитающих в дальневосточных и арктических морях, из них около 35 обитают в зал. Петра Великого [10]. Однако до сих пор практически не изучены индикаторные свойства этих гидробионтов. Биотехнологический и биогенный потенциал асцидий представляет значительный интерес и еще не получил обьективной оценки.

Объекты и методы исследований

Изучен состав химических элементов асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*), болтении колючей *(Boltenia echinata*) и ционы интестиналис *(Ciona intestinalis),* отобранных в бухте Северной зал. Славянка и бухте Балка северо-восточной части о. Русский. Для исследования использовали тунику и мантию (кожно-мускульный мешок) асцидий. Всего анализу подвергнуто по 30 проб органов и тканей каждого вида гидробионтов. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями [11]: образцы помещали в тефлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислот (1 : 2) и разлагали в микроволновом реакторе Milestone UltraClave (Италия) 60 мин при 200 ^{o}C 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_{α} 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} %.

Результаты и их обсуждение

Изучен химический состав тканей асцидии стиелы булавовидной, болтении колючей и ционы интестиналис. Ряды убывания концентраций элементов в тканях исследованных видов выглядят следующим образом:

Туника

Ca >S >Fe >P >K >Ti >Ba >Br >Sr >Mn >Zn >As >Cu >Pb >Ni >Rb >Se – *Стиела булавовидная*

Fe >Ca >S >P>K >Mn >Br >Sr >Ti >Zn >Cu >Pb >Ba >As >Ni >Rb – *Болтения колючая*

Br > Sr > Fe >Mn > Zn > Ca >Cu> Ni > As >Mo> S > Rb > Se >P – *Циона интестиналис*

Мантия

Ca >Fe >S >K >P >Sr >Zn >Ti> Br >Mn >Cu >Ba >Pb >Rb >Ni > Se> As – *Стиела булавовидная*

Ca >S > Fe >K > P > Sr> Br> Zn >Sr>Ti>Mn >Ba> Cu>Rb >Ni >Pb>Se >As – *Болтения колючая*

Fe >Br >Zn >Mn >Sr >Ni >Cu >As >Mo >S> P >Se > Rb >K > Ca – *Циона интестиналис*

Наши исследования выявили существенные видовые различия в накоплении туникой и мантией указанных видов асцидий макро- и микроэлементов (таблица).

Средние концентрации элементов в тканях асцидий (мкг/г воздушно-сухой массы)
Average concentration of elements in tissues of ascidians (mkg/g air dry mass)

Элемент	Стиела булавовидная *Styela clava*		Болтения колючая *Boltenia echinata*		Циона интестиналис . *Ciona intestinalis*	
	Туника	Мантия	Туника	Мантия	Туника	Мантия
P	714,7±801,7	309,9±±189	659±307	1093±478	0,21±0,53	0,87±0,43
S	1461,9±850,6	557,6±317	2661±498	2341±354	0,45±0,65	0,89±0,76
K	492,9±458	322,7±211	455±306	1337±487	0,29±0,14	0,39±0,16
Ca	1566,6±1434	1272,4±576	4307±472	5330±674	0,82±0,19	0,38±0,13
Ti	408,6±967,3	18,2±7,3	70,2±43,4	91,3±21.6	0	0
Mn	27,5±31,4	5,4±2,7	308±112,4	40,7±11,6	8,56±3,31	13±3,94
Fe	728,1±743,9	752±735	4998±1342	2125±461	12,5±6.78	78,1±25,9
Ni	1,3±0,61	1,1±0,48	4,2±5,9	7,29±5,5	0,61±0,15	1,7±0,84
Cu	5,7±6,04	4,3±4,7	17,1±8,9	21,3±13,9	0,68±0,29	1,66±0,99
Zn	20,9±8,6	20,8±14,0	62,2±51,5	113,7±88,6	5,74±2,6	14,9±2,98
As	11,4±23,7	0,6±0,46	5,9±2,8	2,6±0,96	0,61±0,33	1,21±0,37
Se	0,4±0,37	0,6±0,33	0	2,6±0,25	0,31±0,11	0,59±0,44
Br	38,4±19,6	11,5±7,5	204±119,6	118,8±48,9	46,1±0,81	50±31,8
Rb	1,2±1,0	1,5±0,83	2,1±1,9	8,4±3,11	0,37±0,15	0,54±0,28
Sr	34,5±23,2	22,8±14,45	71,1±33,8	137±52,6	17,2±4,11	10,2±3,11
Mo	0	0	0	0	0,58±0,22	0,9±0,62
Ba	149,1±180	3,9±3,04	8,8±2,1	34,9±11,8	0	0
Pb	4,0±2,3	2,3±0,6	14,9±5,9	6,5±1,3	0	0
Zr	0	0	0	0	0,57±0,21	0

У асцидий стиелы и болтении, которые имеют плотную тунику, в группу преобладающих по концентрации элементов входят кальций, железо, сера, фосфор и калий, в то время как в студенистой тунике ционы основу составляют бром, стронций, железо, марганец и цинк (рис. 1). Необходимо отметить, что уровни содержания этих элементов у асцидий резко различаются. Так, у болтении средние концентрации кальция, серы и железа очень высоки и составляют 4307, 2661 и 4998 мкг/г соответственно, т.е. вдвое и более превышают таковые у стиелы, и только уровни содержания фосфора и калия у этих двух видов имеют сходные значения, варьируя в пределах 714,8 – 455мкг/г. В тунике ционы концентрации этих элементов ничтожно малы по сравнению с данными у первых двух видов

асцидий и изменяются от 12,2 до 0.2 мкм/г. Следует отметить, что у болтении уровень содержания микроэлементов в целом в несколько раз выше, чем у стиелы, исключение составляют титан и барий, концентрации которых у стиелы на порядок выше, а также мышьяк, которого в тунике стиелы вдвое больше, чем у болтении. У циоины уровень содержания брома достигает 46,1 мкг/г, стронция – 17,2, марганца – 8,56, цинка – 5,7 мкг/г, что значительно выше по сравнению с остальными микроэлементами, концентрации которых варьируют от 0,3 до 0,7 мкг/г. В отличие от других видов асцидий, в тунике циоины обнаружен молибден и цезий, но отсутствует титан, барий и свинец.

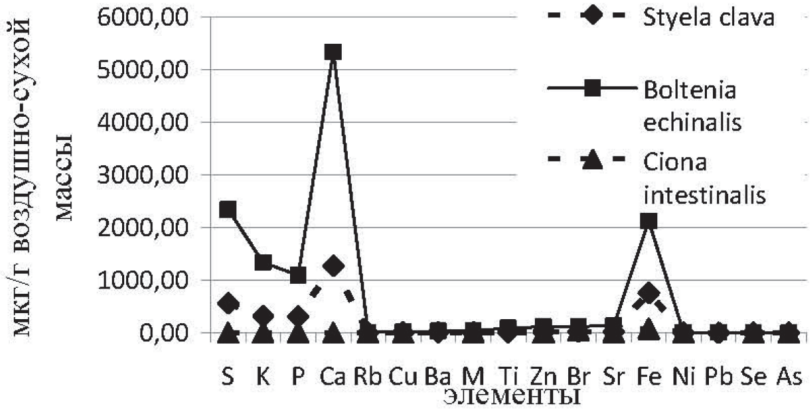

Рис. 1. Распределение макро- и микроэлементов в тунике асцидий
Fig. 1. The distribution of macro- and microelements in a tunic of ascidias

В мантии исследованных видов асцидий так же, как и в тунике, группу преобладающих по концентрации элементов составили: у стиелы и болтении – кальций, железо, сера, калий и фосфор, у циоины – железо, бром, цинк, марганец и стронций (рис. 2). В мантии болтении так же, как и в тунике, уровни средних концентраций этих элементов в несколько раз превышают таковые у стиелы, изменяясь в пределах от 5330 до 1093 мкг/г. В мантии циоины диапазон преобладающих по концентрации элементов составил всего 0,38–0,89 мкг/г. У всех трех видов асцидий уровень содержания железа в мантии был самым высоким по сравнению с другими микроэлементами и составил у болтении 2125, у стиелы – 752 и у циоины – 78,1 мкг/г. В целом в мантии болтении так же, как и в тунике, концентрации остальных микроэлементов в несколько раз выше, чем у стиелы. У циоины концентрации микроэлементов значительно ниже по сравнению с двумя другими видами асцидий и варьируют в пределах от 50 до 0,54 мкг/г.

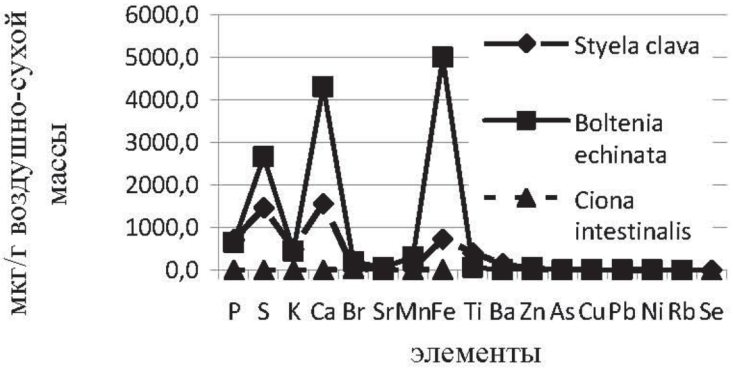

Рис. 2. Распределение макро- и микроэлементов в мантии асцидий
Fig. 2. The distribution of macro- and microelements in a cloak of ascidians

Таким образом, полученные нами данные о составе и распределении макро- и микроэлементов в тканях асцидии стиелы булавовидной, болтении колючей и ционы интестиналис представляют определенный интерес, поскольку могут быть использованы при разработке новых технологий лекарственных препаратов и биологически активных добавок и изучении биоиндикаторных свойств этих организмов.

Список литературы

1. Патин, С.А. Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы / С.А. Патин // Тр. ВНИРО. – 2015. – Т. 154. – С. 85–104.

2. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 76 с.

3. Христофорова, Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами: монография / Н.К. Христофорова. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.

4. Резаева, Л.Т. Валентное состояние ванадия и его роль в организме асцидии: автореф. дис. … канд. биол. наук / Л.Т. Резаева. – М., 1963. – 25 с.

5. Манская, С.М. Геохимия органического вещества / С.М. Манская, Т.В. Дроздова. – М.: Наука, 1964. – 314 с.

6. Jang, W.S. Halocidin: a new antimicrobial peptide from hemocytes of the solitary tunicate, Halocynthia aurantium / W.S. Jang, K.N. Kim, Y.S. Lee, M.H. Nam, H. Lee // 2002. FEBS Lett. – Vol. 521. – P. 81–86.

7. Белорукова, А.А. Оценка содержания каротиноидов у асцидий Halocynthia aurantium и Styela clava / А.А. Белорукова, П.А. Задорожный, Т.Н. Пивненко, Е.В. Якуш // Изв. ТИНРО. – 2006. – Т. 147. – С. 347–353.

8. Еляков Г.Б., Стоник В.А. Морская биоорганическая биохимия – основа морской биотехнологии // Изв. Академии наук. Сер. химическая. – 2003. – №1. – С. 1–18.

9. Agrawal, M. Alkaloids and peptides from Australian sponges and Ascidians / M. Agrawal, B. Bowden, B. McCool, R. Willis // International symposium on marine drugs. – 2004.

10. Адрианов, А.В. Таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря / А.В. Адрианов. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 350 с.

11. Бок, Р. Методы разложения в аналитической химии / Р. Бок. – М.: Химия, 1984. – 432 с.

Сведения об авторах: Жадько Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: zhadko.helen@gmail.com;

Чусовитина Светлана Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: chusovitinasv@mail.ru;

Стеблевская Н.И., доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории переработки минерального сырья, e-mail: steblevskaya@ich.dvo.ru;

Полякова Н.В., кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярного и элементного анализа.