



УДК 597-105 (262.81)

НАКОПЛЕНИЕ СЕЛЕНА В ВОДНЫХ ОРГАНИЗМАХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© 2012 Голубкина Н.А.¹, Спиридонова Е.С.², Зайцев В.Ф.², Волкова И.В.², Насибов Н.Г.³

¹НИИ питания РАМН

²ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»

³ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный университет»

Вопрос установления уровней накопления селена морской рыбой постоянно привлекает внимание исследователей. Это связано, несомненно, с поразительно высокими концентрациями микроэлемента в мышечной массе рыб по сравнению с наземными животными и широким распространением недостатка потребления селена населением большинства стран мира. По способности аккумулировать селен исследованные виды можно расположить в ряд: карась < красноперка < щука = кутум < окунь < сазан < кефаль < атерина < судак < вобла < килька обыкновенная < бычки < килька анчоусовидная << осетр. Известно, что основным источником селена для рыбы является пища, хотя некоторое количество элемента поступает через жабры в процессе дыхания. Сравнение полученных результатов с данными аккумуляции селена мышечной тканью рыбы разных регионов мира указывает на отсутствие выраженного селенодефицита в Каспийском море.

The question of establishing the levels of selenium accumulation in fish Marine has consistently attracted the attention of researchers. This is due, no doubt, with a surprisingly high concentrations of trace elements in fish muscle mass compared with terrestrial animals and the widespread lack of public consumption of selenium in most countries of the world. By the ability to accumulate selenium species investigated can be arranged in series: carp < rudd <= pike Kutum < perch < carp < mullet < silverside < pike < roach < sprat common < gobies < sprat anchovy << sturgeon. It is known that the main source of selenium to fish is the food, although there is some element passes through the gills during respiration. Comparing the results with data accumulation of selenium muscle tissue of fish from different regions of the world indicates the absence of express selenodeficiency in the Caspian Sea.

Ключевые слова: селен, рыбы, Каспийское море, аккумуляция.

Keywords: selenium, fish, Caspian Sea, accumulation.

Введение. Вопрос установления уровней накопления селена морской рыбой постоянно привлекает внимание исследователей. Это связано, несомненно, с поразительно высокими концентрациями микроэлемента в мышечной массе рыб по сравнению с наземными животными и широким распространением недостатка потребления селена населением большинства стран мира. С другой стороны, крайне важным представляется установление особенностей аккумуляции микроэлемента представителями разных звеньев пищевой цепи морской экосистемы. Особый интерес в этом отношении представляют закрытые моря ввиду специфических особенностей формирования и состава гидробионтов. Каспийское море в этом отношении является уникальным благодаря изолированности, специфических различий в солёности северной и южной частей, наличия среди гидробионтов северных представителей млекопитающих – тюленей, широким распространением пресноводных видов рыбы в Северном Каспии вследствие интенсивного разбавления морской воды стоком реки Волга.

Целью настоящего исследования была оценка селен аккумулярующей способности разных представителей морских гидробионтов Каспийского моря и выявление закономерностей аккумуляции микроэлемента.

Методы. Образцы гидробионтов отбирали в 2009-2010 гг на территории Северного и Среднего Каспия (Махачкала). Исследовались следующие виды рыбы: обыкновенная и анчоусовидная килька, вобла, атерина, бычки, карась, кутум, щука, окунь, красноперка, сазан, кефаль и осетр. Определение селена осуществляли также в креветках, каспийском раке, моллюсках, водорослях лауренция, морской траве zostере и донных отложениях. Отдельно изучено распределение селена в мышечной ткани и органах 4-х погибших каспийских тюленей в 2009 г. Образцы мышечной ткани и органов замораживали и хранили до начала анализа при -4°C. Образцы водорослей и морской травы, а также донных отложений высушивали до постоянной массы при комнатной температуре и гомогенизировали. Содержание селена устанавливали флуорометрически (Alfthan, 1984). Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

Результаты. В таблице 1 представлены данные содержания селена в мышечной массе рыбы, выловленной на Северном Каспии и в районе Махачкалы (Средний Каспий). Различия между северным и средним Каспием для большинства видов не достоверно. Исключение составляют: сазан и вобла, накапливающие достоверно больше селена в районе Махачкалы по сравнению с Северным Каспием. По способности аккумулировать селен исследованные виды можно расположить в ряд: карась < красноперка < щука = кутум < окунь < сазан < кефаль < атерина < судак < вобла < килька обыкновенная < бычки < килька анчоусовидная << осетр. Межвидовые различия в ак-



кумуляции селена в мышечной ткани рыбы Каспия составили 154-1090 мкг/кг. Что касается внутривидовых различий, то они достигали в среднем 20-30% и только у осетра составили 55%.

В этом ряду поразительно высокой селен аккумулялирующей способностью обладает осетр. При отсутствии аномально высоких концентраций селена в водной среде среди морской и пресноводной рыбы столь высокие концентрации селена неизвестны. Показательно, что такие высокие уровни зафиксированы у осетров как Северного, так и Среднего Каспия.

Таблица 1

Содержание селена в рыбе Каспийского моря

Наименование	Средний Каспий (Махачкала)		Северный Каспий		Среднее
	M±SD (n)	Интервал концентраций	M±SD (n)	Интервал концентраций	
Карась серебристый	154±67 (4)	73-274	198±45 (9)	134-293	184±53 (13)
Щука	224±53 (2)	170-277	192±33 (6)	138-266	200±40 (8)
Окунь	251±48 (2)	203-300	196±37 (6)	159-308	210±47 (8)
Красноперка	212±12 (2)	200-224			212±12
Кутум			224±13 (2)	211-237	224±13 (2)
Сазан	280±10 (2)	269-290	207±30 (2)	177-237	243±36 (4)
Кефаль	300±81 (4)	185-418	306±86 (4)	225-478	303±83 (8)
Атерина			343±51 (5)	250-431	343±51 (5)
Судак	365±53 (4)	274-430	335±8 (2)	327-343	355±42 (6)
Вобла	444±69 (9)	399-556	274±37 (12)	191-456	356±104 (21)
Килька обыкновенная	445±46 (4)	354-496	406±92 (13)	298-592	415±84 (17)
Бычки			478±86 (14)	300-574	478±86 (14)
Килька анчоусовидная	516±75 (7)	388-605	569±14 (3)	548-583	539±63 (10)
Осетр	1055±680 (10)	248-2100	1276±102 (2)	1174-1378	1092±604 (12)

Сравнение полученных результатов с данными аккумуляирования селена мышечной тканью рыбы разных регионов мира указывает на отсутствие выраженного селенодефицита в Каспийском море.

В связи со сравнительно высоким содержанием селена в мышечной ткани рыбы Каспийского моря не вызывает удивления высокие концентрации микроэлемента в органах и тканях каспийского тюленя, питающегося преимущественно килькой, в которой концентрация селена превышает 400 мкг/кг (см. табл. 1). Средняя концентрация селена в мышцах каспийского тюленя составила 675 мкг/кг при сравнительно небольшом интервале концентраций (598-752 мкг/кг), то есть коэффициент концентрирования составляет около 1,5. Преимущественное накопление микроэлемента наблюдается в печени и почках, причем, уровень аккумуляирования селена в печени близок к соответствующим показателям для тюленей Австралии (Baldman et al, 1996) (1,08-1,27 мг/кг и 1,10 мг/кг соответственно) (рис. 1).

Повышены концентрации селена и в печени исследованных видов рыбы (в 2-4 раза), в то время как содержание микроэлемента в жабрах превышает уровень в мышцах в среднем в 1,62 раз.

Известно, что основным источником селена для рыбы является пища, хотя некоторое количество элемента поступает через жабры в процессе дыхания (Maher et al, 1997). Донные отложения являются первым звеном пищевой цепи переноса селена в водоемах. Уровень селена в донных отложениях Каспия составил 108-230 мкг/кг, что близко к показателям накопления селена донными осадками Берингово моря и Балтийского моря (Финляндия). Это относительно низкий показатель в сравнении с данными донных осадков западного побережья США, Гренландии и Ирландского побережья. По данным (Weres et al, 1989) в донных отложениях преобладают органические формы селена. Принято считать, что как для селена, так и для других рассеянных элементов, селен в морской воде связан с дисперсным органическим веществом, основным источником которого служат отмирающие планктонные организмы. Процесс разрушения их остатков наиболее активно происходит на глубине 500-1000 м. Поэтому в осадках шельфовых и неглубоких приконтинентальных морей скапливаются огромные массы дисперсного органического вещества, к которым добавляются органические взвеси, вынесенные речным стоком. Весьма показательным в связи с этим являются высокие уровни накопления селена водорослями и морской травой Каспийского моря. Коэффициенты концентрирования для этих продуцентов составили 1-4



(зостера) и 2,8-6 (лауренция). В пересчете на содержание селена в воде Каспия (490 нг/л - Ермаков, Ковальский, 1974) коэффициенты концентрирования составляют 510-1367 (зостера) и 957-2063 (лауренция). Следует отметить, что аналогичные уровни накопления селена описаны также для морской травы и водорослей побережья Канады (Sandholm et al, 1973) и Японского моря (Струппуль, 2003). Высокая пищевая ценность этих продуцентов, как источников селена, определяется тем, что они содержат преимущественно хорошо усваиваемые селен содержащие аминокислоты (Baldwin et al, 1996).

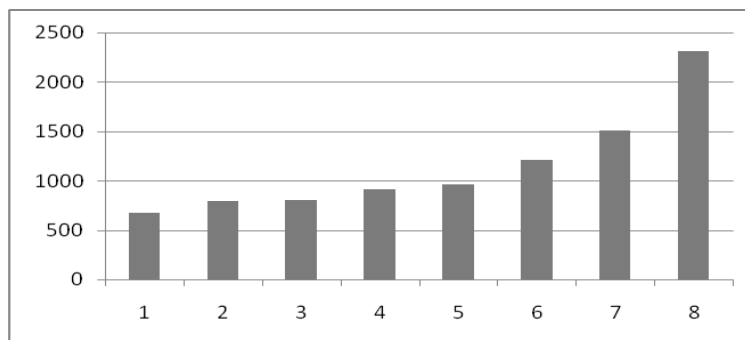


Рис. 1. Содержание селена в органах и тканях каспийского тюленя.

1 – мышцы, 2 – кишки, 3 – сердце, 4 – желудок, 5 – селезенка, 6 – легкое, 7 – печень, 8 – почки

Отмечены также сезонные и географические особенности аккумуляирования селена морскими травами. Так, было установлено, что в Северном Каспии уровень накопления селена зостерой существенно выше, чем в среднем Каспии у берегов Казахстана (250-670 мкг/кг и 161-301 мкг/кг соответственно). Наибольшее количество селена аккумуляировалось в зостере Среднего Каспия (побережье Казахстана) в апреле (300 мкг/кг), снижаясь вдвое к концу октября (рис. 2).

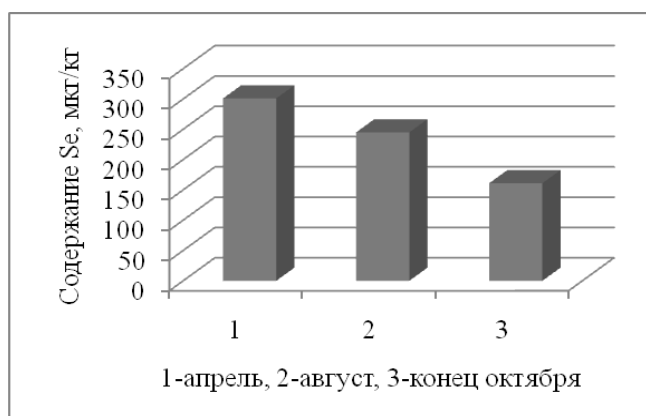


Рис. 2. Сезонные вариации в накоплении селена зостерой среднего Каспия

Уровень селена в моллюсках Северного Каспия составил 349 ± 19 мкг/кг (мышечная ткань), в каспийском раке – 359 ± 39 мкг/кг, креветках – 439 ± 125 мкг/кг.

Заключение. Результаты проведенного исследования впервые дают общую картину распределения селена по пищевой цепи Каспийского моря. Среди выявленных закономерностей аккумуляирования селена следует указать сезонные колебания в накоплении микроэлемента морской травой, особенности накопления селена органами и тканями рыбы и каспийского тюленя, а также наличие гипер аккумуляирования селена мышечной тканью каспийского осетра.

Библиографический список

1. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическая роль селена. М.: Наука, 1974.
2. Струппуль Н.Э. Аккумуляция селена гидробионтами Японского моря в естественных и экспериментальных условиях. Автореферат к.б.н. Владивосток, 2003.
3. Alfthan G.A. Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry //Anal. Chim. Acta. 65, 1984. Vol. 184. Pp. 187-194.



4. Baldwin Sjo Assessing selenium cycling and accumulation in aquatic ecosystems // Water, air and soil pollution, 1996. Vol. 90. Pp. 93-104.
5. Maher W., Deaker M., Jolley D. et al. Selenium Occurrence, distribution and speciation in the cockle *Anadara trapezia* and the Mullet *Mugil cephalus* // Applied organometallic chemistry. 1997. Vol. 11. Pp. 313-326.
6. Sandholm M., Oksanen H.E., Pesonen L. Uptake of selenium by aquatic organisms // Limnol. Oceanogr., 1973. Vol. 18. Pp. 496-499.
7. Weres O., Jaouni A.R., Tsao L. The distribution, speciation and geochemical cycling of selenium in a sedimentary environment, Kesterson Reservoir, California, USA // Appl. Geochem., 1985. Vol. 4. Pp. 543-563.

Bibliography

1. Ermakov V.V., Kovalskii V.V. The biological role of selenium. M.: Science, 1974.
2. Struppul N.E. The accumulation of selenium hydrobionts of the sea of Japan in the natural and experimental conditions. Abstract of Ph.D.. Vladivostok, 2003.
3. Alfthan G.A. Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 65, 1984. Vol. 184. Pp. 187-194.
4. Baldwin Sjo Assessing selenium cycling and accumulation in aquatic ecosystems // Water, air and soil pollution, 1996. Vol. 90. Pp. 93-104.
5. Maher W., Deaker M., Jolley D. et al. Selenium Occurrence, distribution and speciation in the cockle *Anadara trapezia* and the Mullet *Mugil cephalus* // Applied organometallic chemistry. 1997. Vol. 11. Pp. 313-326.
6. Sandholm M., Oksanen H.E., Pesonen L. Uptake of selenium by aquatic organisms // Limnol. Oceanogr., 1973. Vol. 18. Pp. 496-499.
7. Weres O., Jaouni A.R., Tsao L. The distribution, speciation and geochemical cycling of selenium in a sedimentary environment, Kesterson Reservoir, California, USA // Appl. Geochem., 1985. Vol. 4. Pp. 543-563.

УДК 597.553.1 (262.81)

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ТРОФОЛОГИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ КИЛЬКИ *CLUPEONELLA DELICATULA CASPIA SVETOV*

© 2012 **Елизаренко М.М.¹**, Сокольский А.Ф.¹, Абдурахманов Г.М.²

¹ ФГБОУ ВПО Астраханский инженерно-строительный институт

² ФГБОУ ВПО Дагестанский государственный университет

Приводятся многолетние материалы по экологии и этологии обыкновенной кильки.
Long-term materials on ecology ordinary sprat are resulted.

Ключевые слова: биология, экология, килька

Keywords: biology, ecology, sprat fish

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА В РАМКАХ ГК 16.552.11.7051 ОТ 29.07.2011 И
ГК 16.740.11.0051 ОТ 01.09.2010

Марина Максимовна Елизаренко являлась крупнейшим специалистом в области экологии и трофологии каспийских килек. В 2006 г. под руководством А.Ф. Сокольского в Дагестанском государственном университете она защитила свою кандидатскую диссертацию. Неожиданная смерть в 2011 г. лишила научное сообщество замечательного ученого и специалиста. Ею была подготовлена глава в книгу для совместной публикации, и мы посчитали своим долгом ознакомить научную общественность с частичными результатами ее работы.

Обыкновенная килька в силу своей массовости и специфичности трофических связей активно участвует в трансформации энергии. Она отличается быстрым темпом роста и сравнительно коротким жизненным циклом и способна осваивать почти всю акваторию Каспийского моря.

Обыкновенная килька обитает в Северном, Среднем и Южном Каспии над глубинами менее 100 м, заходит в воды рек Волги, Урала, Терека, по данным А.А. Ловецкой (1951), – встречается как в пресной, так и в воде с соленостью до 36 ‰. Обыкновенная килька образует два локальных стада: северокаспийское и южнокаспийское. Первая группировка нерестится в основном на мелководьях Северного Каспия. Личинки, а затем мальки все лето держатся на мелководьях Север-