

УДК 574: [52+24]

СЕЛЕН В ГИДРОБИОНТАХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ БАССЕЙНА РЕКИ АМУР

© 2014 И.А. Никитина

Государственный заповедник «Болоньский»

Поступила в редакцию 30.04.2014

Определено содержание селена в органах и тканях карася серебряного – индикаторного вида ихтиофауны водно-болотных угодий бассейна р. Амур и в одном из видов пресноводных моллюсков. Первичные данные содержания селена в гидробионтах и природных водах этого района указывают на низкий селеновый статус водно-болотных экосистем.

Ключевые слова: селен, гидробионты, масс-спектрометрия, водно-болотные угодья

Вводная часть и новизна. Интерес к селену в последние десятилетия возрос в связи с подходом в его оценке как важного элемента, обладающего карциностатическим и радиопротекторными свойствами. Этот микроэлемент, являясь условно токсичным, в тоже время включен в число биологически активных (эссенциальных) элементов [1] и является одним из важнейших компонентов антиоксидантной защиты организма человека и животных от свободных радикалов. У рыб, имеющих большее разнообразие селеносодержащих белков, чем у наземных организмов [12], селен стимулирует синтез гормонов и выполняет совместно с йодом антистрессовые функции. Отмечается высокая степень аккумуляции микроэлемента в мышечной массе рыб по сравнению с наземными животными. С другой стороны присутствие селена в воде в больших количествах представляет опасность в связи с его биоаккумуляцией в разных звеньях пищевых цепей и возникновением в дальнейшем репродуктивных нарушений у рыб и водных птиц. Антропогенными источниками поступления селена в водную среду являются, прежде всего, процессы сгорания ископаемого топлива, сельскохозяйственная ирригация, горнодобывающая промышленность и другие. Исследователями отмечена дискретность распределения селена в биосфере, выделяются континентальные участки Se-дефицита. В России селеновая недостаточность проявляется, например, в зоне Нечерноземья. Ее связывают с интенсивным выносом селена из супесчаных и интенсивно культивируемых почв и аккумуляцией его на различных барьерах (торфяники, глинистые почвы,

почвы с преобладанием восстановительных условий). Кроме того, в современный период развития биосферы существуют общие тенденции уменьшения аккумуляции этого микроэлемента живым веществом [4].

Данных по содержанию селена в водных объектах дальневосточного региона крайне мало. Распределение и накопление селена в гидробионтах естественных пресноводных экосистем, какими являются водно-болотные угодья (ВБУ) «Болонь» в бассейне р. Амур, вызывает интерес, прежде всего, в связи с тем, что этот район выполняет функцию важнейших кормовых станций водоплавающих птиц на миграционных путях и промысловых рыб Амурского ихтиокомплекса.

Цель исследования: оценка содержания селена в органах и тканях серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Амура и индикаторного вида ихтиофауны ВБУ «Болонь», на территории которых расположен заповедник «Болоньский».

При проведении исследований решались **задачи** по определению уровней содержания и выявлению особенностей распределения селена в органах и тканях карася серебряного, а также в одном из видов пресноводных брюхоногих моллюсков (сем. *Viviparidae*). Проводилось сравнение уровней накопления селена в мышечных тканях серебряного карася и моллюсков из различных мест обитания, характеризующихся различным селеновым статусом.

Методика исследования. Образцы серебряного карася отбирали в 2009-2012 гг. в нескольких точках водных объектов заповедника «Болоньский», в изолированном оз. Волна, в основном русле р. Амур (рис. 1), сериями не менее 5 экземпляров рыб, в пруде-аэраторе г. Амурска (выловлены 3 экз.). На анализ отбирались ткани

Никитина Ирина Александровна, заместитель директора по научной работе. E-mail: bolonzap@mail.ru

и органы, контактирующие с водной средой – чешуя и жабры, мышечная ткань и органы выведения – почки и печень. У моллюсков, отобранных в устье р. Симми, были отобраны мягкие ткани без разделения. Образцы тканей и органов

гидробионтов замораживали и хранили до проведения анализов при температуре -12°C . В основных точках исследования также были отобраны пробы природных вод.

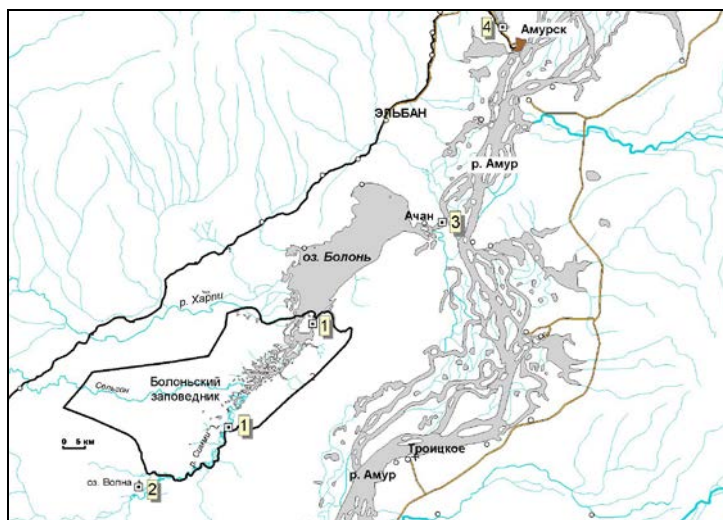


Рис. 1. Схема отбора образцов карася серебряного и проб воды

Определение селена в пробах проводили в лаборатории Хабаровского информационно-аналитического центра ИТиГ ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой на ICP MS фирмы Perkin Elmer (США). Пробоподготовку мягких тканей рыбы и моллюсков выполняли способом [9], который основан на полном разрушении органического вещества пробы при нагревании с азотной концентрированной кислотой с добавлением перекиси водорода. Подготовку проб природных вод проводили с использованием систем микроволновой пробоподготовки для разрушения металлоорганических комплексов. Обработку результатов выполнили при помощи программы

Stat Plus 2007.

Анализ и обобщение полученных данных. Накопление тяжелых металлов в организмах гидробионтов определяется сложными процессами их поглощения, распределения, детоксикации и выведения, поэтому наблюдаются значительные различия содержания их в органах и тканях рыб одного вида, что связано с различными условиями обитания, особенностями питания и метаболизма. Результаты содержания селена в органах и тканях карася серебряного из всех точек исследования в зимне-весенний, весенний и летний периоды 2009-2012 гг. представлены в табл. 1.

Таблица 1. Концентрации селена в карасе серебряном

Место отбора проб	Период лова	Число особей п	Концентрации селена в органах и тканях, $x \pm S$ / $x_{\min} - x_{\max}$ мкг/кг сырой массы				
			печень	почки	мышцы	жабры	чешуя
ВБУ(р. Симми)	февраль	5	$53,8 \pm 27,9$ 34,4-94,8	$20,1 \pm 10,0$ 3,7-45,2	$9,0 \pm 2,0$ 6,1-10,2	$66,3 \pm 27,7$ 41,8-105,6	$36,9 \pm 12,4$ 25,0-54,3
	май	28	$236,9 \pm 169,9$ 15,5-807,1	$285,0 \pm 179,5$ 8,9-81,1	$61,2 \pm 2,8$ 7,4-129,4	$146,6 \pm 46,6$ 56,8-237,7	$118,6 \pm 47,3$ 38,6-35,2
	июнь	21	$285,1 \pm 91,9$ 126,8-442,4	$387,1 \pm 113,8$ 201,2-677	$72,5 \pm 9,5$ 7,8-114,6	$156,0 \pm 9,7$ 88,7-210,3	$114,6 \pm 45,7$ 29,9-167,5
оз. Волна	июнь	7	$372,8 \pm 75,3$ 292,1-481,9	$266,6 \pm 159,3$ 124,6-505,0	$108,3 \pm 34,6$ 56,1-155,5	$185,9 \pm 57,3$ 111,4-71,5	$147,6 \pm 18,0$ 120,0-67,5
р.Амур (с.Ачан)	март	5	$67,4 \pm 7,1$ 62,4-72,4	$197,4 \pm 149$ 111,3-369,6	$95,7 \pm 34,4$ 71,3-120	$153,5 \pm 6,7$ 148,7-158,2	$97,5 \pm 31,2$ 75,4-119,5
пруд-аэратор Амурск	июнь	3	$585,0 \pm 25,5$ 567,0-603,0	$590,3 \pm 40,3$ 561,8-618,8	$62,8 \pm 3,5$ 60,3-65,2	$137,4 \pm 49,4$ 102,5-172,3	$109,6 \pm 9,1$ 103,2-116,0

Примечание: S – стандартное отклонение, $x_{\min} - x_{\max}$ – диапазон концентраций

Рыбы накапливают селен, прежде всего, через пищевую цепь [12], хотя при низких концентрациях его в воде очень интенсивно идет поступление селена через жабры. Уровень концентраций селена в жабрах карася серебряного во всех точках исследований выше, чем в мышечной ткани в среднем в 1,9 раз. Максимальное накопление селена наблюдается в печени и почках карасей, в 3,3 раза выше, чем в мышцах, за исключением зимнего и ранневесеннего периодов, когда при пониженных температурах водной среды замедляется скорость ферментативных реакций, а в результате и общая интенсивность обмена веществ [10]. Надо отметить, что минимальные концентрации селена во всех органах отмечены у карася, выловленного в феврале в зимовальной яме р. Симми ВБУ, где условия зимовки сопровождаются очень низким содержанием кислорода. В этих образцах максимальные уровни селена зафиксированы в жабрах, что подтверждает основное поступление этого элемента через жабры в процессе дыхания [13] в зимний период. По способности аккумулировать селен исследованные ткани и органы

карася в летний период можно расположить в следующий ряд: почки > печень > жабры > чешуя > мышцы. Данные по содержанию селена в карасе из пруда-аэрата ЦКК согласуются с общими закономерностями распределения элемента, хотя более высокий уровень концентраций в органах экскреции говорит о большей антропогенной нагрузке на гидробионты этого водоема.

Для оценки содержания селена в отдельных звеньях пищевых цепей околотоводной фауны ВБУ исследован также один из видов пресноводных брюхоногих моллюсков (сем. *Viviparidae*). Уровень содержания селена в тканях моллюсков несколько выше, чем в мышечных тканях карася, однако полученные коэффициенты накопления селена гидробионтами по отношению к содержанию в природной воде близки: 712 и 694 соответственно. Сравнение полученных результатов с данными содержания селена в мышечной ткани пресноводных гидробионтов других районов (табл. 2) указывает на низкий уровень его в карасе серебряном ВБУ.

Таблица 2. Содержание селена в мышечной ткани гидробионтов

Гидробионты	Селен, мкг/кг сырой массы (n)	
	$\bar{x} \pm S$	$X_{\min} - X_{\max}$
карась серебряный (<i>Carassius auratus gibelio</i>) ВБУ «Болонь»	85±20 (61)	7 – 156
карась серебристый (<i>Carassius auratus</i>) Каспийское море [2]	184±53 (13)	73 – 293
моллюски (сем. <i>Viviparidae</i>) р. Симми ВБУ «Болонь»	93±56 (11)	44 – 242
моллюски, Северный Каспий [2]	349±19	-
лещ (<i>Abramis</i>) р. Волга [3]	-	121 – 253

Показательными являются высокие уровни накопления селена морскими гидробионтами. Так, в рыбах у берегов Австралии и Канады – наиболее богатых селеном районов, содержание его составляет от 3 до 19 мкг/г сух. массы. Отмечен уровень накопления селена в рыбах Японского моря от 1,5 до 2,2 мкг/г [6], а также в водорослях и морской траве от 350 до 900 мкг Se/г сух. массы [8], что коррелирует с уровнем накопления его в донных отложениях прибрежных районов [11]. Низкое содержание селена в мышечной ткани карася серебряного ВБУ «Болонь» согласуется с низкими концентрациями его в пробах воды р. Симми и оз. Болонь бассейна р. Амур. Средняя концентрация селена в природной воде этих объектов составляла в период исследований $0,134 \pm 0,049$ мкг/л, диапазон концентраций: 0,085–0,236 мкг/л, при коэффициенте вариации 0,37. Результаты согласуются с данными по интервалу содержания селена в

поверхностных водах 0,06–400 мкг/л [13, 14], но свидетельствуют о низком селеновом статусе водных объектов ВБУ. Уровень селена в морской воде значительно выше, так, в воде Каспийского моря – 0,490 мкг/л [5], что предопределяет более высокие уровни этого элемента в морских гидробионтах.

Принято считать, что селен в поверхностных водах, как и другие рассеянные элементы, связывается органическим веществом. Воды оз. Болонь характеризуются высоким содержанием органического вещества (С орг. 10–12 мг С/л) как автохтонного, так и аллохтонного характера, причем доля гумусовых кислот в воде оз. Болонь достигает (60% С) [7]. Полученные соотношения концентраций селена в фильтрованных и нефильтрованных пробах воды 1:1,5 соответственно, говорят о миграции элемента в водной среде преимущественно (67%) в растворенной форме.

Выводы: результаты проведенного исследования впервые дают картину распределения селена в органах и тканях серебряного карася, а также во внутренних органах пресноводных моллюсков ВБУ р. Амур. Максимальные концентрации селена отмечены в органах выведения. Из выявленных закономерностей надо отметить сезонные колебания уровней микроэлемента в органах и тканях серебряного карася, а также низкий уровень концентраций селена в мышечной ткани гидробионтов по сравнению с данными из других регионов. Гидробионты водно-болотных угодий «Болонь» бассейна р. Амур в целом обеднены селеном, что, наиболее вероятно, связано с низкими концентрациями селена в водной среде обитания. Данные содержания элемента-антиоксиданта в одном из основных промысловых видов рыб могут быть использованы для пополнения базы данных концентраций селена в гидробионтах и корректировки системы питания населения прибрежных сел и городов бассейна р. Амур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Голубкина, Н.А. Накопление селена в водных организмах Каспийского моря / Н.А. Голубкина, А.А. Жилкин, В.Ф. Зайцев, Е.С. Спиридонова // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2012. № 1. С. 129-132.
3. Голубкина, Н.А. Характеристика пищевой цепи переноса селена в условиях Чувашии / Н.А. Голубкина, Д.В. Широков // Микроэлементы в медицине. 2003. Т.4, №2. С. 11-15.
4. Ермаков, В.В. Роль биогеохимии в развитии концепции микроэлементозов / В.В. Ермаков, Ю.В. Ковальский // Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы. Мат. VIII межд. биогеохим. школы. – М.: ГЕОХИ РАН, 2013. С. 6-12.
5. Ермаков, В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. 300 с.
6. Ковековдова, Л.Т. Мышьяк и селен в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий Приморья / Л.Т. Ковековдова, Н.В. Иваненко, М.В. Симоконов, В.В. Щеглов // Известия ТИНРО. 2001. Т. 129. С. 211-216.
7. Левишина, С.И. Органическое вещество поверхностных вод бассейна Среднего и Нижнего Амура. – Владивосток: Дальнаука, 2010. 145 с.
8. Лукьянова, О.Н. Селен в морских организмах / О.Н. Лукьянова, Л.Т. Ковековдова, Н.Э. Струнгуль, Н.В. Иваненко. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 151 с.
9. МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратов и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора, 2003. 22 с.
10. Немова, Н.Н. Биохимическая индикация состояния рыб / Н.Н. Немова, Р.У. Высоцкая; отв. ред. М.И. Шатуновский; Ин-т биологии КарНЦ РАН. – М.: Наука, 2004. 215 с.
11. Струнгуль, Н.Э. Аккумуляция селена гидробионтами Японского моря в естественных и экспериментальных условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2003. 24 с.
12. Janz, D.M. Selenium in Homeostasis and Toxicology of Essential Metals // Fish Physiology. 2012. Vol. 314. P. 327-374.
13. Lemly, A.D. A protocol for aquatic hazard assessment of selenium // Ecotoxicol. and Environ. Safety. 1995. Vol. 32, №3. P. 280-288.
14. Selenium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. – World Health Organization, 2011. 22 p.

SELENIUM IN HYDROBIONTS OF WETLANDS OF AMUR RIVER BASIN

© 2014 I.A. Nikitina

National Park “Bolonskiy”

The content of selenium in organs tissues of silver crucian – an indicator type of fish fauna of wetlands of Amur river basin and in one of kinds of fresh-water mollusks is defined. Primary data of selenium contents in hydrobionts and natural waters of this area indicate the low selenic status of wetlands ecosystems.

Key words: *selenium, hydrobionts, mass spectrometry, wetlands*