

DOI: 10.24143/2073-5529-2017-3-122-127
УДК 574.2

В. А. Чаплыгин, В. Ф. Зайцев, Н. А. Голубкина, Т. С. Ершова, А. С. Хурсанов

БИОАККУМУЛЯЦИЯ РТУТИ И СЕЛЕНА В ОРГАНИЗМЕ РУССКОГО (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*) И ПЕРСИДСКОГО (*ACIPENSER PERSICUS*) ОСЕТРОВ

Целью исследования являлось изучение аккумуляции ртути и селена в мышцах и печени русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров, выловленных в Каспийском море. Анализ полученных данных позволил выявить преимущественное накопление ртути и селена в печени обоих видов рыб по сравнению с мышечной тканью. Показано, что уровень аккумуляции ртути в печени и мышцах у персидского осетра был выше, чем у русского. Корреляционный анализ данных показал, что содержание ртути в печени и мышцах осетров статистически значимо зависело от возраста, длины и веса рыб. Выявлена прямая корреляционная зависимость между содержанием селена в мышечной ткани и массой тела рыб. Результаты анализа свидетельствуют о том, что накопление ртути и селена в организме персидского и русского осетров обусловлено их видовыми физиологическими особенностями, а также свойствами самих элементов. Концентрация ртути в печени и мышцах исследованных рыб невелика и соответствует нормам, установленным в России. Уровень содержания селена в печени увеличивается с возрастанием в ней концентрации ртути, что является подтверждением защитной функции селена в отношении тяжелых металлов.

Ключевые слова: ртуть, селен, русский осетр, персидский осетр, Каспийское море, биоаккумуляция.

Введение

Каспийское море – один из наиболее продуктивных водоемов планеты со своеобразными условиями среды и уникальным составом гидробионтов. Основным богатством Каспийского моря являются 6 видов осетровых рыб: белуга (*Huso huso*), русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii*), персидский осетр (*Acipenser persicus*), шип (*Acipenser nudiventris*), севрюга (*Acipenser stellatus*). К сожалению, в конце XX столетия они потеряли промысловое значение [1].

Для водных экосистем, из всех содержащихся в них тяжелых металлов, наиболее опасна ртуть [2]. Экологическая опасность ртути в гидросфере заключается в ее непосредственном токсичном влиянии на водных обитателей, способности включаться в биогеохимические циклы с тенденцией к биоаккумуляции в трофической структуре водных экосистем, длительно циклировать и накапливаться в организмах в количествах, представляющих опасность для человека [3]. В организм рыб ртуть поступает преимущественно с пищей и может накапливаться в различных тканях и органах [4, 5].

В настоящее время численность осетровых видов рыб поддерживается в большей степени за счет искусственного воспроизводства. В связи с существенной оптимизацией условий искусственного воспроизводства возникает необходимость изучения роли микроэлементов в обменных процессах водных организмов. Среди микроэлементов особый интерес представляет селен. Являясь эссенциальным элементом, селен обладает большим разнообразием белковых форм [6]. Селен необходим для нормального роста и развития организма рыб. Проявляя антиоксидантные свойства, селен поддерживает иммунитет и защищает организм от токсического действия тяжелых металлов. Входя в состав активного центра трийодтирониндеиодиназы, селен стимулирует синтез тиреоидных гормонов у рыбы [7], участвуя, таким образом, в процессах метаморфоза рыбы и, совместно с йодом, осуществляя антиоксидантную функцию [8].

На основании вышесказанного целью исследования являлось определение уровня содержания ртути и селена в печени и мышцах русского и персидского осетров (*Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus*) в морской период их жизни.

Материалы и методы исследования

Выбор объектов исследования был определен двумя обстоятельствами. Во-первых, осетровые – ценнейшие реликтовые виды, находящиеся на грани исчезновения и чувствительно реагирующие на загрязнение окружающей среды. Во-вторых, русский и персидский осетры явля-

ются бентофагами. В водных экосистемах селен интенсивно аккумулируется в донных отложениях с детритом, частичками глины, гуминовыми кислотами и в виде элементарного селена, легко образующегося в восстановительных условиях [9]. Включение этой части селена в биологический кругооборот осуществляется с помощью микроорганизмов, фитопланктона, моллюсков и ракообразных и опосредованно – бентосными видами рыб. В то же время бактериальные процессы приводят также к биотрансформации неорганической ртути в метилртутные соединения, накапливающиеся в пищевой цепи. Наиболее интенсивно они протекают в донных отложениях водоемов [10].

Отбор проб органов и тканей осетровых осуществлялся из траловых уловов в Северном Каспии (в зоне ответственности Российской Федерации) в период проведения тралово-акустических съемок по стандартной сетке станций Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ) в июне – августе 2014 г.

Образцы проб были изъяты у осетров, вес особей которых варьировал: от 2 до 5,9 кг у персидского и от 1 до 9 кг – у русского осетра.

Образцы тканей и органов на содержание ртути были исследованы на анализаторе ртути А-915М с пиролитической приставкой ПИРО-915⁺.

Содержание селена устанавливали флуорометрически (Alfthan, 1984). Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента и компьютерной статистической программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Ртуть. Анализ полученных нами данных (табл.) позволил выявить более высокие концентрации ртути в печени как у русского, так и у персидского осетра по сравнению с показателями в мышцах, что соответствует данным других авторов [11]. Механизм токсического действия ртути связан с ее взаимодействием с сульфгидрильными группами белков. Таким образом, блокируя белки, ртуть изменяет их свойства или инактивирует ряд жизненно важных ферментов, тем самым нарушая белковый обмен. При этом именно печень выполняет функцию детекторов, фильтров и трансформаторов веществ и несет ответственность за содержание ртути в организме [12].

Содержание ртути и селена в печени и мышцах осетров

Объект исследования	Содержание, мг/кг			
	ртути		селена	
	Русский осетр	Персидский осетр	Русский осетр	Персидский осетр
Печень	0,137 ± 0,026	0,224 ± 0,070	2,071 ± 0,314	2,148 ± 0,251
Мышцы	0,064 ± 0,014	0,088 ± 0,012	1,059 ± 0,292	0,922 ± 0,187

Содержание ртути в мышцах исследованных рыб, по сравнению с ее содержанием в печени, небольшое, однако до 90–99 % ртути в мышечной ткани находится в наиболее токсичной – метилированной форме [11].

Необходимо отметить, что в нашем случае у персидского осетра, который имеет более высокий темп линейного и весового роста [13], степень аккумуляции ртути в печени и мышцах у персидского осетра была выше, чем у русского. Возможно, это связано с тем, что накопление ртути имеет видовую специфичность. Результаты, полученные ранее Т. Б. Камшиловой при исследовании окуня (*Perca fluviatilis*) [4], также свидетельствуют о том, что высокий темп линейного и весового роста у рыб способствует большему накоплению этого металла.

Селен. Результаты нашего исследования, а также данные о селенном статусе белого и тупорылового осетров [14] показывают, что осетр, как бентофаг, характеризуется способностью накапливать такое количество селена в мышечной ткани, которое для других видов рыб является токсичным. Содержание селена в мышечной ткани осетров оказалось в 1,4–2 раза выше содержания селена в мышечной ткани различных видов килек, воблы и бычков Каспийского моря [15] и более чем в 2 раза выше средних значений содержания селена в мышцах других видов морских рыб [10].

Согласно данным таблицы, печень осетров аккумулирует селена существенно больше, чем мышечная ткань, что обусловлено способностью этого элемента накапливаться в органах, участвующих в детоксикации (печень и почки) [16].

Корреляционный анализ. Согласно данным корреляционного анализа, проведенного в ходе исследования, содержание ртути в печени и мышцах русского осетра статистически значимо зависело от *возраста рыб* ($r = 0,58$ и $r = 0,5$). У персидского осетра уровень аккумуляции ртути в печени также положительно коррелировал с возрастом ($r = 0,55$), однако связь между концентрацией ртути в мышечной ткани с возрастом не была статистически значимой.

Была выявлена также положительная корреляционная зависимость *между длиной рыб и содержанием ртути* в мышцах и печени персидского осетра – $r = 0,8$ и $r = 0,99$ соответственно. У русского осетра эта зависимость была несколько слабее – $r = 0,57$ и $r = 0,58$ соответственно. Сходная ситуация складывалась и при определении зависимости концентрации ртути в мышцах и печени *от веса*. Так, у персидского осетра показатель зависимости составлял 0,6 и 0,9 соответственно, у русского осетра – 0,6 и для мышц, и для печени.

Анализ сопряженного накопления ртути органами и тканями персидского осетра показал, что ее содержание в печени и мышцах находится в тесной корреляции ($r = 0,86$), тогда как у русского осетра данная зависимость была слабой ($r = 0,34$). Сопряженная аккумуляция ртути в печени и мышцах является установленным фактом [16]. Различия, полученные в результате анализа, еще раз свидетельствуют о различных системах накопления микроэлементов, в частности ртути, у осетров, относящихся к разным видам.

Значительный разброс значений концентрации селена в мышечной ткани русского осетра связан с большим диапазоном значений массы исследованных особей и выявленной прямой корреляцией между содержанием селена и массой тела ($r = 0,9$).

Ранее Н. А. Голубкина и Т. Т. Папазян [17] отмечали, что у дельфина накопление селена и ртути органами и тканями взаимосвязано. Однако взаимосвязи показателей аккумуляции селена и ртути, согласно литературным данным, весьма противоречивы [10]. В то же время D. Wang [18] установил прямую корреляцию между концентрацией селена и ртути в мышечной ткани окуня. Отсутствие взаимосвязи между уровнем накопления селена и ртути для отдельных видов рыб может быть обусловлено разным содержанием водорастворимых форм этих микроэлементов [9].

Заключение

Таким образом, различия в уровне накопления ртути и селена органами и тканями персидского и русского осетров обусловлено их видовыми физиологическими особенностями. Следует отметить, что значения концентрации ртути в печени и мышцах исследованных рыб невелики и соответствуют нормам, установленным в России (допустимый уровень содержания ртути в морских рыбах составляет 0,5 мг/кг (СанПин 2.3.21078-01 (<http://base.garant.ru/4178234/>))). Возможно, это связано с тем, что с повышением солености воды снижается интенсивность метилирования ртути в результате образования устойчивых ковалентных соединений с ионами хлора, которые в первую очередь поглощаются различными гидробионтами [19], а также со способностью селена снижать уровень аккумуляции ртути. В ходе нашего исследования также было показано, что уровень содержания селена в печени увеличивается с возрастанием в ней концентрации ртути, что является подтверждением защитной функции селена в отношении тяжелых металлов.

Именно поэтому при искусственном разведении рыб применение селеносодержащих премиксов позволит обеспечить повышение их иммунитета, увеличить выживаемость и ускорить прирост массы. Однако целесообразность применения водорастворимых форм селена в искусственных водоемах требует подтверждения в ходе дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В. П. Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. 100 с.
2. Воробьев В. И., Зайцев В. Ф., Щербакова Е. Н. Биогенная миграция тяжелых металлов в организме русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt). Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2007. 115 с.
3. Моисеенко Т. И. Ртуть в гидросфере // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 14–19.
4. Камшилова Т. Б., Комов В. Т., Гремячих В. А. Содержание ртути и скорость роста окуня *Perca fluviatilis* из озер Вологодской области // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 277–281.
5. Немова Н. Н., Комов В. Т. Показатели биохимического метаболизма у пресноводных рыб

с повышенным содержанием ртути // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 297–300.

6. *Janz D. M.* Selenium in Homeostasis and Toxicology of Essential Metals // *Fish Physiol.* 2012. Vol. 314. P. 327–374.

7. *Ribeiro A. R. A., Ribeiro L., Saele O., Hamre K., Dinis M. T., Mjren M.* Selenium supplementation changes glutathione peroxidase activity and thyroid hormone production in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae // *Aquaculture Nutrition.* 2012. Vol. 18, iss. 5. P. 559–567.

8. *Nimta G., Valsa S. P., Subhas M. C. P.* Physiologic implications of inter-hormonal interference in fish: Lessons from the interaction of adrenaline with cortisol and thyroid hormones in climbing perch (*Anabas testudineus* Bloch) // *General Comp. Endocrinol.* 2013. Vol. 181. P. 122–129.

9. *Кекина Е. Г., Голубкина Н. А., Кузьмина В. В., Баранов В. И., Хотимченко С. А.* Содержание йода и селена в мышцах некоторых промысловых рыб Рыбинского водохранилища // *Микроэлементы в медицине.* 2009. Т. 10, вып. 3–4. С. 31–36.

10. *Кекина Е. Г., Голубкина Н. А., Баранов В. И., Хотимченко С. А.* Морская рыба как источник диетического йода и селена // *Микроэлементы в медицине.* 2008. Т. 9, вып. 3–4. С. 67–72.

11. *Голованова И. Л.* Влияние ртути на пищеварение у животных различных систематических групп // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 263–268.

12. *Пастухов М. В., Эпов В. Н., Чешельский Т. М., Алиева В. И., Гребенщикова В. И.* Распределение и аккумуляция ртути в байкальской нерпе // *Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер.: Биология. Экология.* 2011. Т. 4, № 1. С. 56–66.

13. *Иванов В. П., Комарова Г. В.* Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. 256 с.

14. *Huang S. S.-Y., Strathe A. B., Wang W.-F., Deng D.-F., J. G., Fadel. J. G., Hung S. S. O.* Selenocompounds in juvenile white sturgeon: Evaluating blood, tissue and urine selenium concentrations in juvenile sturgeon after a single oral dose // *Aquatic Toxicology.* 2012. Vol. 109. P. 158–165.

15. *Мункуева С. Д., Голубкина Н. А.* Накопление селена рыбой Бурятии // *Вопросы питания.* 2003. № 3. С. 56–62.

16. *Гашкина Н. А., Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П.* Биоаккумуляция ртути в организмах рыб в водоемах Европейской части России // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 258–263.

17. *Голубкина Н. А., Папазян Т. Т.* Селен в питании // *Растения, животные, человек.* М.: Печатный город, 2006. 256 с.

18. *Wang D.* The Environmental Biogeochemistry of Selenium in Natural Water Ecosystem. Publ. Nat. Public Health Inst., Helsinki, KTL A3, 1994. 244 p.

19. *Комов В. Т., Гремячих В. А., Ершов П. Н.* Сравнительное содержание ртути в мышцах рыб водоемов севера Европейской России (Кандакшский залив Белого моря) // *Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 октября 2009 г.).* Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2009. С. 289–292.

Статья поступила в редакцию 6.06.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чаплыгин Владимир Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; младший научный сотрудник лаборатории осетровых рыб; wladimirchapl@yandex.ru.

Зайцев Вячеслав Фёдорович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации; зав. кафедрой гидробиологии и общей экологии; vacheslav-zaitsev@yandex.ru.

Голубкина Надежда Александровна – Россия, 414056, Астрахань; Агрохимический испытательный центр Всероссийского научно-исследовательского института селекции и семеноводства овощных культур; г-р с.-х. наук, профессор; главный научный сотрудник, segolubkina@rambler.ru.

Ершова Татьяна Сергеевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии; ershova_ts@mail.ru.

Хурсанов Алишер Саугович – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; лаборант-исследователь лаборатории водных проблем и токсикологии; 72_alisher_92@mail.ru.



W. A. Chaplygin, V. F. Zaitsev, N. A. Golubkina, T. S. Ershova, A. S. Hursanov

BIOACCUMULATION OF MERCURY AND SELENIUM IN THE BODY OF THE RUSSIAN (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*) AND THE PERSIAN (*ACIPENSER PERSICUS*) STURGEONS

Abstract. The purpose of the research was to study accumulation of mercury and selenium in muscles and liver of Russian and Persian sturgeons caught in the Caspian Sea. Analysis of the data revealed preferential accumulation of mercury and selenium in liver compared to muscle tissues of both species. The article shows that the degree of mercury accumulation in the liver and muscles of the Persian sturgeon was higher than of the Russian. Correlation analysis of data showed that mercury content in the sturgeon liver and muscles statistically significantly depended on age, length and weight of the fish. In the course of these studies there has been identified a direct correlation between selenium content in muscle tissue and body weight of fish. The results of the analysis indicate that the accumulation of mercury and selenium in Persian and Russian sturgeon species is stipulated by their physiological characteristics and properties of the chemical elements. Mercury concentration in liver and muscles of the tested species is little, which corresponds to the standards adopted in Russia. The level of selenium in the liver increases with the concentration of mercury in it, which confirms the defensive function of selenium against heavy metals.

Key words: mercury, selenium, Russian sturgeon, Persian sturgeon, Caspian Sea, bioaccumulation.

REFERENCES

1. Ivanov V. P. *Biologicheskie resursy Kaspiiskogo moria* [Biological resources of the Caspian Sea]. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2000. 100 p.
2. Vorob'ev V. I., Zaitsev V. F., Shcherbakova E. N. *Biogennaia migratsiia tiazhelykh metallov v organizme russkogo osetra* (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt) [Biogenic migration of heavy metals in organism of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt)]. Astrakhan, Izd-vo OOO «TsNTEP», 2007. 115 p.
3. Moiseenko T. I. *Rtut' v gidrosfere* [Mercury in hydrosphere]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7-9 sentiabria 2010 g.)*. Moscow, GEOKhI RAN, 2010. P. 14-19.
4. Kamshilova T. B., Komov V. T., Gremiachikh V. A. *Soderzhanie rtuti i skorost' rosta okunia Perca fluviatilis iz ozer Vologodskoi oblasti* [Mercury content and growth rate of perch *Perca fluviatilis* in lakes of the Vologda region]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7-9 sentiabria 2010 g.)*. Moscow, GEOKhI RAN, 2010. P. 277-281.
5. Nemova N. N., Komov V. T. *Pokazateli biokhimicheskogo metabolizma u presnovodnykh ryb s povyshennym sodержaniem rtuti* [Indices of biochemical metabolism in fresh water fishes with excessive mercury content]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7-9 sentiabria 2010 g.)*. Moscow, GEOKhI RAN, 2010. P. 297-300.
6. Janz D. M. *Selenium in Homeostasis and Toxicology of Essential Metals*. *Fish Physiol.*, 2012, vol. 314, pp. 327-374.
7. Ribeiro A. R. A., Ribeiro L., Saele O., Hamre K., Dinis M. T., Mjren M. *Selenium supplementation changes glutathione peroxidase activity and thyroid hormone production in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae*. *Aquaculture Nutrition*. 2012, vol. 18, pp. 559-567.
8. Nimta G., Valsa S. P., Subhas M. C. P. *Physiologic implications of inter-hormonal interference in fish: Lessons from the interaction of adrenaline with cortisol and thyroid hormones in climbing perch (*Anabas testudineus* Bloch)*. *General Comp. Endocrinol.*, 2013, vol. 18, pp. 122-129.
9. Kekina E. G., Golubkina N. A., Kuz'mina V. V., Baranov V. I., Khotimchenko S. A. *Soderzhanie ioda i selena v myshtsakh nekotorykh promyslovykh ryb Rybinskogo vodokhranilishcha* [Iodine and selenium content in the muscles of some commercial fishes in the Rybinsk reservoir]. *Mikroelementy v meditsine*, 2009, vol. 10, iss. 3-4, pp. 31-36.

10. Kekina E. G., Golubkina N. A., Baranov V. I., Khotimchenko S. A. Morskaja ryba kak istochnik dieticheskogo ioda i selena [Sea fish as a source of dietary iodine and selenium]. *Mikroelementy v meditsine*, 2008, vol. 9, iss. 3-4, pp. 67-72.
11. Golovanova I. L. Vliianie rtuti na pishchevarenie u zhivotnykh razlichnykh sistematicheskikh grupp [Impact of mercury on digestive system of animals from different systematic groups]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7-9 sentjabria 2010 g.)*. Moscow, GEOKhI RAN, 2010. P. 263-268.
12. Pastukhov M. V., Eпов V. N., Chesel'skii T. M., Alieva V. I., Grebenshchikova V. I. Raspredelenie i akumulatsiia rtuti v baikal'skoi nerpe [Mercury distribution and accumulation in Baikal seal organism]. *Izvestiia Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, Ekologiya*, 2011, vol. 4, no. 1, pp. 56-66.
13. Ivanov V. P., Komarova G. V. *Ryby Kaspiiskogo moria (sistematika, biologiya, promysel)* [Fish of the Caspian sea]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2008. 256 p.
14. Huang S. S.-Y., Strathe A. B., Wang W.-F., Deng D.-F., J. G., Fadel. J. G., Hung S. S. O. Selenocompounds in juvenile white sturgeon: Evaluating blood, tissue and urine selenium concentrations in juvenile sturgeon after a single oral dose. *Aquatic Toxicology*, 2012, vol. 109, pp. 158-165.
15. Munkueva S. D., Golubkina N. A. Nakoplenie selena ryboi Buriatii [Selenium accumulation in the fish of Buryatia]. *Voprosy pitaniia*, 2003, no. 3, pp. 56-62.
16. Gashkina N. A., Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P. Bioakkumulatsiia rtuti v organizmakh ryb v vodoemakh Evropeiskoi chasti Rossii [Bioaccumulation of mercury in the fish organisms in the water basins of the European part of Russia]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Moskva, 7-9 sentjabria 2010 g.)*. Moscow, GEOKhI RAN, 2010. P. 258-263.
17. Golubkina N. A., Papazian T. T. Selen v pitanii [Selenium in nutrition]. *Rasteniia, zhivotnye, chelovek*. Moscow, Pechatnyi gorod Publ., 2006. 256 p.
18. Wang D. *The Environmental Biogeochemistry of Selenium in Natural Water Ecosystem*. Publ. Nat. Public Health Inst., Helsinki, KTL A3, 1994. 244 p.
19. Komov V. T., Gremiachikh V. A., Ershov P. N. Sravnitel'noe sodержanie rtuti v myshtsakh ryb vodoemov severa Evropeiskoi Rossii (Kandalakshskii zaliv Belogo moria) [Comparative mercury content in fish muscles in the water basins in the North of the European part of Russia (the Kandalaksha bay in the White Sea)]. *Biologicheskie resursy Belogo moria i vnutrennikh vodoemov Evropeiskogo Severa: materialy XXVIII Mezhdunarodnoi konferentsii (Petrozavodsk, 5-8 oktiabria 2009 g.)*. Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2009. P. 289-292.

The article submitted to the editors 6.06.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Chaplygin Vladimir Aleksandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fisheries; Junior Researcher of the Laboratory of Sturgeons; wladimirchap@yandex.ru.

Zaitsev Vyacheslav Fedorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor in Agriculture, Professor, Honoured Science Worker of the Russian Federation; Head of the Department of Hydrobiology and General Ecology; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.

Golubkina Nadezhda Aleksandrovna – Russia, 414056, Astrakhan; Agrochemical Research Center of Institute of Vegetable Breeding and Seeds Production; Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Leading Researcher; segolubkina@rambler.ru.

Ershova Tatiyana Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Applied Biology and Microbiology; ershova_ts@mail.ru.

Hursanow Alisher Saidovich – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fisheries; Laboratory Assistant-Researcher of Laboratory of Water Problems and Toxicology; 72_alisher_92@mail.ru.

