



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткие сообщения / Brief reports
Оригинальная статья / Original article
УДК 574.24 (597.2/5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОБИОНТАХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

¹Владимир А. Чаплыгин*, ²Татьяна С. Ершова, ²Вячеслав Ф. Зайцев
¹Каспийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства, Астрахань, Россия, wladimirchap@yandex.ru
²Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

Резюме. Цель: определение уровней содержания эссенциальных элементов (медь, цинк и марганец) в печени русского и персидского осетров и в их основных пищевых объектах, а также в печени каспийского тюленя, которая является функциональным депо многих металлов. **Методы.** Отбор проб осуществлялся по общепринятым методикам, определение тяжелых металлов производилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. **Результаты.** Концентрация цинка во всех исследованных объектах превышала предельно-допустимую, при этом цинк не способен аккумулироваться по пищевой цепи. Уровень аккумуляции меди был выше предельно-установленного лишь в печени каспийского тюленя, как обладателя более высокой скоростью метаболизма. Марганец в максимальной концентрации был обнаружен в печени каспийского тюленя, но не превышал допустимых значений. Так как печень не является основным органом, концентрирующим этот микроэлемент. **Выводы.** Накопление микроэлементов зависит от физиологических особенностей организма, свойств самого микроэлемента и от факторов среды их обитания.

Ключевые слова: Каспийское море, русский осетр, персидский осетр, каспийский тюлень микроэлементы, аккумуляция.

Формат цитирования: Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Содержание некоторых микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N3. С.138-145. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145

THE CONTENTS OF SOME TRACE ELEMENTS IN THE AQUATIC ORGANISMS OF THE CASPIAN SEA

¹Vladimir A. Chaplygin*, ²Tatiana S. Ershova, ²Vyacheslav F. Zaitsev
¹Caspian Research Institute of Fisheries,
Astrakhan, Russia, wladimirchap@yandex.ru
²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. Objective: to determine the levels of essential elements (copper, zinc and manganese) in the liver of Russian and Persian sturgeon and their basic food sites, as well as in the liver of the Caspian seal, which is a functional depot for many metals. **Methods.** Sampling was carried out according to generally accepted meth-



ods, determination of heavy metals produced by atomic-absorption spectroscopy using atomic absorption spectrometer with connection atomizaciej MGA-MD 915. **Results.** The concentration of zinc in all investigated sites exceed-valid, while zinc is not able to accumulate up the food chain. The level of accumulation of copper was higher than the maximum prescribed only in the liver of the Caspian seal as the holder of a faster metabolism. Manganese in maximum concentration has been found in the liver of the Caspian seal, but does not exceed the permissible values. Since the liver is the primary organ, concentrating this trace element. **Conclusions.** Accumulation of trace elements depends on the physiological characteristics of an organism, the properties of the trace element and from Wednesday.

Keywords: Caspian Sea, Russian sturgeon, Persian sturgeon, Caspian seal, accumulation of microelements.

For citation: Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F. The contents of some trace elements in the aquatic organisms of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development.* 2017, vol. 12, no. 3, pp. 138-145. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145

ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море – уникальный водоем планеты со своеобразными условиями среды. Экосистема Каспия подвержена загрязнению, в том числе и тяжелыми металлами, основную долю которых привносит речной сток.

Многие гидробионты, являющиеся ценнейшими реликтовыми видами, чувствительно реагируют на загрязнение воды. К таковым относятся, например, русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii*), персидский осетр (*Acipenser persicus*) и каспийский тюлень (*Phoca caspica*), находящиеся на грани исчезновения [1]. Известно, что русский и персидский осетры, являясь бентосоядными рыбами, способны занимать частично уровень хищников, потребляя рыбу. При этом в число кормовых объектов входят килька обыкновенная, сельди, атерина и бычки. Поэтому, как и каспийский тюлень, они могут занимать

верхние уровни трофических пирамид, накапливая в своих органах и тканях микроэлементы кормовых организмов. При этом основную нагрузку по аккумуляции микроэлементов берет на себя печень, которая является функциональным депо многих металлов и характеризуется высокой метаболической активностью, в которой происходит фильтрация и трансформация веществ [2-4].

Целью настоящих исследований являлось определение уровней содержания эссенциальных элементов (медь, цинк и марганец) в печени русского и персидского осетров и в их основных пищевых объектах (килька обыкновенная *Clupeonella cultriventris caspia*, бычок – песочник *Neogobius fluviatilis*, атерина каспийская *Atherina boyeri caspica* и др.), а также в печени каспийского тюленя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы проб органов и тканей рыб и каспийского тюленя были получены в результате экспедиций ФГУП «КаспНИРХ» в период с 2011 по 2014 гг.

Определение тяжелых металлов производили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД.

Концентрацию изученных элементов выражали в мг/кг сухого веса. Полученные результаты подвергали статистической обработке. За основу были взяты ПДК Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 "Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов" [5].



ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Цинк является жизненно важным элементом. Он входит в состав ряда металлоферментов и участвует во многих метаболических процессах [6]. Основная масса всосавшегося из кишечника цинка поступает в печень, а затем попадает в кровь и остальные органы и ткани [7]. Распределение цинка в объектах исследования представлено на рис. 1. Среди пищевых ресурсов осетровых рыб наибольшим значением в отношении цинка отличалась килька обыкновенная (194,63 мг/кг сухого вещества). Наименьшее количество этого металла было обнаружено в бычках (59,11 мг/кг сухого вещества). В то же

время в печени русского и персидского осетров концентрация цинка была практически одинаковой и составляла приблизительно 70 мг/кг сухого вещества. Это значение несколько ниже, чем в атерине (88,2 мг/кг сухого вещества) и практически в 3 раза ниже, чем в кильке. Что еще раз доказывает тот факт, что цинк не способен аккумулироваться по пищевой цепи, а накапливается с возрастом организмов, так как он обладает высокой биофильностью и подвержен интенсивному биологическому накоплению в тканях рыб [8].

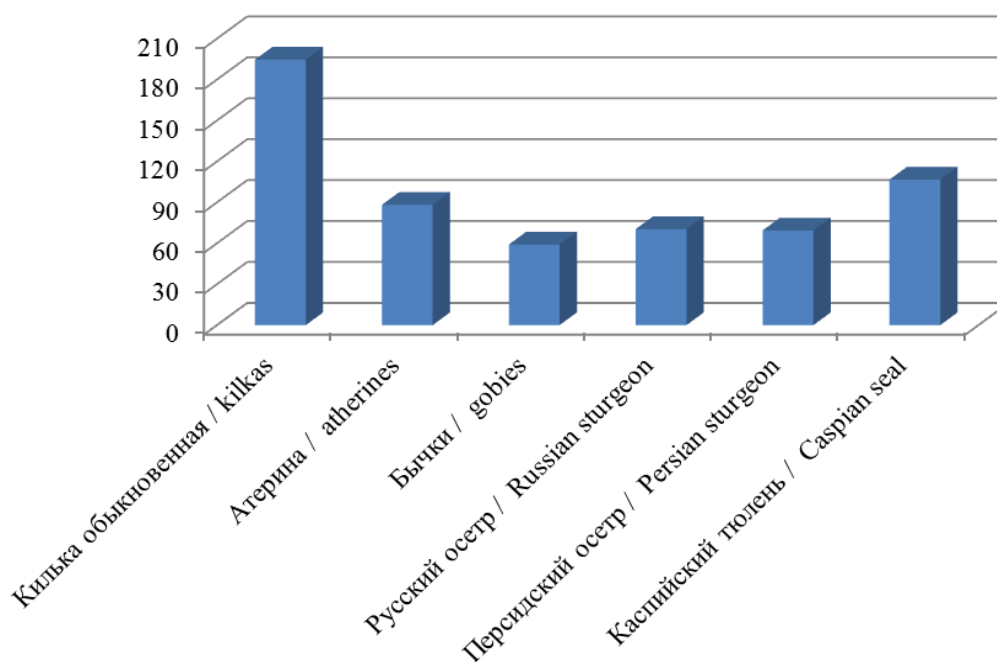


Рис. 1. Накопление цинка в гидробионтах Каспийского моря, мг/кг сухой массы
Fig. 1. The accumulation of zinc in the aquatic organisms of the Caspian sea, mg/kg dry weight

Необходимо отметить, содержание цинка во всех изученных видах рыб превышает уровень ПДК для пищевых объектов (40 мг/кг сухого вещества). Так, например, в организме кильки обыкновенной эти значения превышают предельно-установленные показатели почти в 5 раз, а в атерине – более чем в 2 раз. Повышенные концентрации цинка оказывают токсическое влияние на живые

организмы, приводя к физиологическим и биохимическим нарушениям. В больших концентрациях цинк является канцерогеном. При этом следует отметить, что токсичность цинка для рыб во много раз сильнее, чем для теплокровных животных [9]. Кроме того, цинк обладает синергическими свойствами совместно с медью.



Уровень аккумуляции цинка в печени каспийского тюленя составляет 106,7 мг/кг сухой массы, что ниже, чем в организме кильки обыкновенной (почти в 2 раза), но при этом выше, чем в бычках и атерине (в 1,8 и 1,2 раза соответственно).

По содержанию цинка исследованные гидробионты можно расположить в следующем убывающем порядке: килька обыкновенная > каспийский тюлень > атерина > русский осетр > персидский осетр > бычки.

Медь является одним из незаменимых микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности животных [10]. Она участвует в процессах тканевого дыхания, кроветворения, минерального и

азотистого обмена. Из пищевых объектов русского и персидского осетров минимальное количество меди содержалось в атерине (2,54 мг/кг) (рис. 2). Количество меди в бычках и кильке обыкновенной было соответственно в 4 и 5 раз больше, чем в атерине. В печени русского осетра концентрация этого металла составляла 7,27 мг/кг, что выше в 1,4 раза, чем в печени персидского. Так как персидский осетр имеет более высокий темп линейного и весового роста по сравнению с русским осетром, о чем ранее свидетельствовали В.П. Иванов и Г.В. Комарова [11], то, возможно это способствует более низкому накоплению металла в его организме.

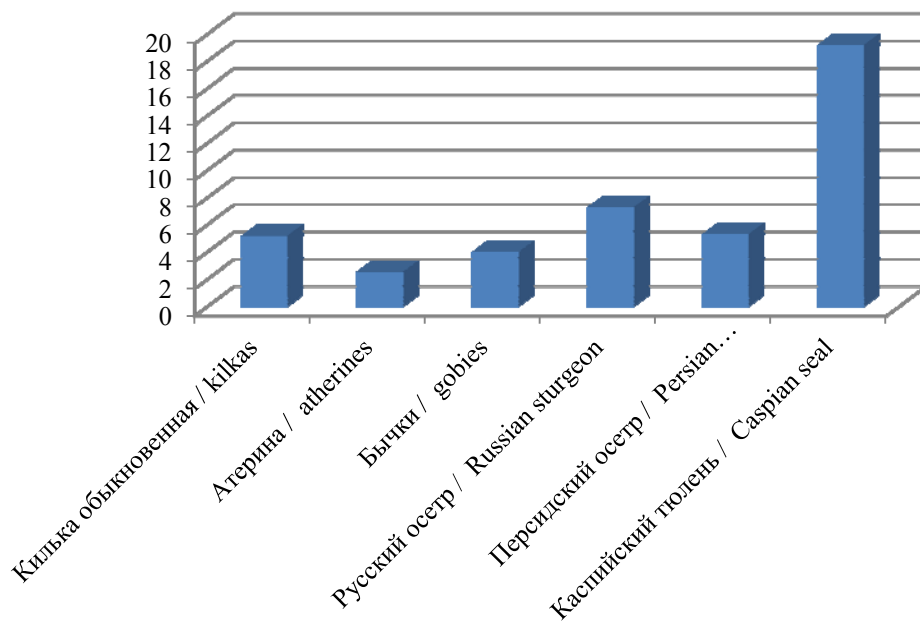


Рис. 2. Накопление меди в гидробионтах Каспийского моря, мг/кг сухой массы
Fig. 2. The accumulation of copper in aquatic organisms of the Caspian sea, mg/kg dry weight

Максимальное значение аккумуляции меди выявлено в печени тюленя, где ее концентрация составляла 19,2 мг/кг сухой массы. По мнению Т.И. Моисеенко с соавт. [10] содержание меди в печени зависит от уровня метаболизма. Таким образом, в связи с тем, что в печени млекопитающего как гомойотермного жи-

вотного скорость обменных процессов выше, чем у рыб, поэтому и обеспеченность эссенциальными элементами, такими как медь выше.

Кроме того, более высокие значения меди у рыб – бентофагов (бычки, осетровые виды) по сравнению с килькой обыкновенной и атеринной, по-видимому, мож-



но объяснить их более тесным контактом с донными отложениями. О контакте донных рыб с грунтами ранее свидетельствовали Н. Ю. Евтушенко, О. В. Данилко [12].

Предельно-допустимая концентрация меди для пищевых продуктов в России составляет 10 мг/кг. Таким образом, превышение нормируемой величины было зафиксировано лишь в печени каспийского тюленя.

Последовательный ряд убывания содержания меди в исследованных объектах имеет следующий вид: каспийский тюлень>русский осетр>персидский осетр>килька обыкновенная>бычки>атерина.

Марганец является элементом с высокой биологической активностью. Он

участвует в обменных процессах азотного цикла, синтезе жирных кислот, в образовании костной ткани и в крветворении, оказывает влияние на рост [13]. Наименьшее содержание марганца было отмечено в печени русского и персидского осетров (1,52 и 1,46 мг/кг сухой массы соответственно) (рис. 3), что было ниже, чем в их пищевых объектах. Концентрация марганца в бычках составляет 3,54 мг/кг сухой массы, а в атерине и в кильке эти значения были выше в 1,5 и 2 раза соответственно. Максимальное количество данного элемента обнаружено в печени каспийского тюленя (8,12 мг/кг сухой массы). Предельно-допустимая концентрация марганца для пищевых продуктов в России составляет 10 мг/кг [14].

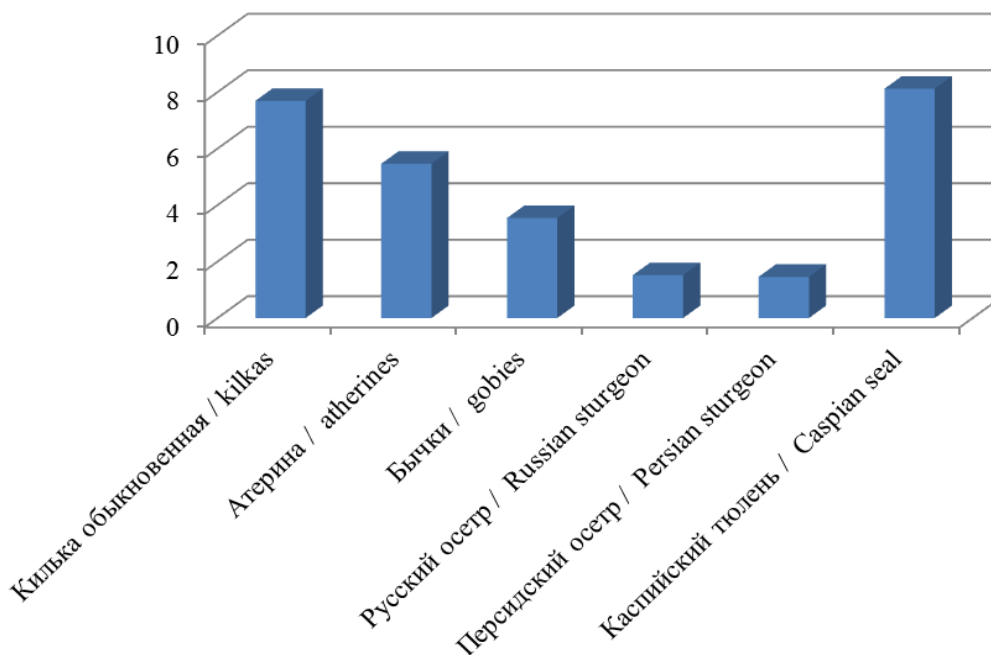


Рис. 3. Накопление марганца в гидробионтах Каспийского моря, мг/кг сухой массы
Fig. 3. The accumulation of manganese in aquatic organisms of the Caspian sea, mg/kg dry weight

Столь невысокие обнаруженные концентрации марганца в печени русского и персидского осетров свидетельствуют о том, что он не является основным, концентрирующим этот микроэлемент [15].

По уровню содержания марганца гидробионты располагаются следующим образом: каспийский тюлень>килька

обыкновенная>атерина>бычки>русский осетр>персидский осетр.

В результате анализа данных по количественному содержанию исследуемых тяжелых металлов в печени, как у русского, так и у персидского осетров, а также у каспийского тюленя выявлен



следующий убывающий ряд по степени их

накопления в организме: Zn>Cu>Mn

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, следует отметить, что повышенных значений коэффициента накопления исследованных металлов у осетровых видов рыб и каспийского тюленя как занимающих более высокие трофические позиции по сравнению с другими рассматриваемыми объектами, обнаружено не было. Что свидетельствует о сложном процессе биоаккумуляции металлов гидробионтами, который зависит от их видовых особенностей, физиологического состояния организма, факторов среды их обитания и от свойств самого металла. При этом цинк не спосо-

бен аккумулироваться по пищевой цепи, а накапливается с возрастом организмов. Содержание меди выше у каспийского тюленя по сравнению с рыбами, так как он, являясь гомотермным животным, обладает более высоким метаболизмом, что отражается и на обеспеченности организма эссенциальными элементами, например, такими как медь. Невысокие обнаруженные концентрации марганца в печени исследованных объектах свидетельствуют о том, что он не является основным органом, концентрирующим этот микроэлемент.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патин С.А. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. Москва: Лег. и пищ. Промышленность, 1981. 152 с.
2. Соболев К.Д. Особенности накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб различных экологических групп // Современные проблемы водной токсикологии. Борок: РАН, 2005. N4. С. 128–129.
3. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. Москва: Наука, 2008. 315 с.
4. Остроумов С.А. Роль организмов в регуляции миграции химических элементов и перемещений вещества в экосистемах // Экология промышленного производства. 2010. N3. С. 26–31.
5. СанПиН 2.3.2.1078-01. Санитарные правила и нормы "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М: Госкомэпиднадзор России, 2001. 269 с.
6. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. Москва: Наука. 2006. 261 с.
7. Войнар А.Н. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. Москва: Наука, 1960. 245 с.
8. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Лукьянова О.Н. Курило-Камчатский регион как биогеохимическая провинция: тяжелые металлы в лосося // Труды IX Международной биогеохимической школы «Биогеохимия техногенеза и современные пробле-

- мы геохимической экологии», Барнаул, 24-28 августа, 2015. Т.1. С. 218–221.
9. Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. Москва: Колос, 1971. 247 с.
10. Патин С.А. Влияние загрязнений на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. Москва: Пищ. промышленность. 1979. 304 с.
11. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во АГТУ. 2008. 223 с.
12. Евтушенко Н.Ю., Данилко О.В. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища // Гидробиологический журнал. Киев, 1996. Т. 32. N4. С. 58–66.
13. Ковальский В.В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Избранные труды / отв. ред., авт. вступ. ст. Л.К. Эрнст; сост. Ю.В. Ковальский. Москва: Россельхоз. академия, 2009. 357 с.
14. Ершова Т.С., Танасова А.С., Зайцев В.Ф., Володина В.В. Тяжелые металлы в некоторых органах каспийской нерпы (*Phocascaspica*, Gmelin, 1788) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. "Естественные и точные науки". 2016. Т.10, N2. С. 27–34.
15. Глазунова И.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Известия АлтГу. 2007. N3. С. 20–22.

REFERENCES

1. Patin S.A. *Mikroelementy v morskikh organizmakh i ekosistemakh* [Trace elements in marine organisms and ecosystems]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1981, 152 p.

2. Sobolev K.D. Features of accumulation of heavy metals in organs and tissues of fish of different ecological groups. *Sovremennye problemy vodnoi toksikologii* [Modern problems of aquatic toxicology].



- Borok, Academy of Sciences Publ., 2005, no. 4. pp. 128–129. (In Russian)
3. Ermakov V.V., Tyutikov S.F. *Geokhimicheskaya ekologiya zhivotnykh* [Geochemical ecology of animals]. Moscow, Nauka Publ., 2008, 315 p.
4. Ostroumov S.A. Role of organisms in the regulation of migrations of chemical elements and transfer of matter in ecosystems. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* [Industrial ecology]. 2010, no. 3. pp. 26–31. (In Russian)
5. SanPiN 2.3.2.1078-01. *Sanitarnye pravila i normy "Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov"* [SanPiN 2.3.2.1078-01. Sanitary rules and norms. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]. Moscow, State surveillance Russia Publ., 2001, 269 p. (In Russian)
6. Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A. *Rasseyannye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushii: Tekhnofil'nost', bioakkumulyatsiya i ekotoksikologiya* [Trace elements in the surface land waters: Technophile, bioaccumulation and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 261 p. (In Russian)
7. Voynar A.N. *Biologicheskaya rol' mikroelementov v organizme zhivotnykh i cheloveka* [Biological role of microelements in the organism of animals and man]. Moscow, Nauka Publ., 1960, 245 p. (In Russian)
8. Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N. Kuril-Kamchatka region as a biogeochemical province: heavy metals in salmon. *Trudy IX Mezhdunarodnoi biogeokhimicheskoi shkoly «Biogeokhimiya tekhnogeneza i sovremennye problemy geokhimicheskoi ekologii»*, Barnaul, 24-28 avgusta, 2015 [Proceedings of the IX International biogeochemical school "Biogeochemistry technogenesis and modern problems of geochemical ecology", Barnaul, 24-28 August 2015]. Barnaul, 2015, vol. 1, pp. 218–221. (In Russian)
9. Metelev V.V., Kanaev A.I., Dzasohova N.G. *Vodnaya toksikologiya* [Aquatic Toxicology]. Moscow, Kolos Publ., 1971, 247 p. (In Russian)
10. Patin S.A. *Vliyanie zagryaznenii na biologicheskie resursy i produktivnost' Mirovogo okeana* [The impact of pollution on biological resources and the productivity of the oceans]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1979, 304 p. (In Russian)
11. Ivanov V.P., Komarova G.V. *Ryby Kaspiiskogo morya* [Caspian Fish]. Astrakhan, ASTU Publ., 2008, 223 p. (In Russian)
12. Evtushenko N.Yu., Danilko O.V. Features of accumulation of heavy metals in the tissues of fish Kremenchug reservoir. *Gidrobiologicheskii zhurnal* [Hydrobiological Journal]. 1996, vol. 32, no. 4, pp. 58–66. (In Russian)
13. Koval'skii V.V. *Problemy biogeokhimi mikroelementov i geokhimicheskoi ekologii* [Problems of biogeochemistry of trace elements and geochemical ecology]. Moscow, Russia Academy of agriculture, 2009, 357 p.
14. Ershova T.S., Tanasova A.S., Zaitsev V.F., Volodina V.V. Heavy metals in some organs of the Caspian seal (*Phocacaspica*, Gmelin, 1788). *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. «Estestvennye i tochnye nauki»* [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. "Natural and accurate science"]. 2016, vol. 10, no. 2, pp. 27–34. (In Russian)
15. Glazunova I.A. Content and features of the distribution of heavy metals in organs and tissues of fish Upper Ob. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta* [Izvestiya of Altai State University Journal]. 2007, no. 3. pp. 20–22. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Владимир А. Чаплыгин* – аспирант кафедры «Гидробиология и общая экология», Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования Астраханского государственного технического университета. Россия, 414025, г. Астрахань, ул. Татищева, д.16. e-mail: wladimirchap@yandex.ru

Татьяна С. Ершова* – к.б.н., доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология», Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия, тел.: 8-905-363-07-49. E-mail: ershova@mail.ru

Вячеслав Ф. Зайцев – д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой «Гидробиология и общая экология», Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия.

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Vladimir A. Chaplygin* – graduate student of Hydrobiology and General Ecology Institute of Fisheries, Biology and Environmental Sciences of the Astrakhan State Technical University. Russia, 414025, Astrakhan, street Tatishcheva house 16. e-mail: wladimirchap@yandex.ru

Tatiana S. Ershova* – Ph.D., Associate Professor, Department of Applied Biology and Microbiology, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Sciences of the Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, 8-905-363-07-49. E-mail: ershova@mail.ru

Vyacheslav F. Zaitsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Department of Hydrobiology and General Ecology, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Sciences of the Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia.



Критерии авторства

Владимир А. Чаплыгин собрал, обработал материал, проанализировал полученные данные; Татьяна С. Ершова проанализировала полученные данные, написала рукопись и несет ответственность за плагиат; Вячеслав Ф. Зайцев проанализировал полученные данные, проверил рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 09.11.2016

Принята в печать 16.01.2017

Contribution

Vladimir A. Chaplygin processed material, analyzed the data obtained; Tatiana S. Ershova analyzed the data obtained, wrote a manuscript and is responsible for plagiarism; Vyacheslav F. Zaitsev analyzed the data obtained, checked the manuscript before submission to the editor.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 09.11.2016

Accepted for publication 16.01.2017