

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕЛЬДЕВЫХ (CLUPEIDAE) КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Т. С. Еришова¹, В. Ф. Зайцев¹, В. А. Чаплыгин², А. Ш. Канбетов³

¹Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация

²Волжско-Каспийский филиал Всероссийского
научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии,
Астрахань, Российская Федерация

³Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева,
Атырау, Республика Казахстан

Цель исследования – выявление видовых особенностей распределения микроэлементов (цинк, марганец, свинец, кадмий) в органах и тканях сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) и долгинской сельди *Alosa braschnikowii braschnikowii* (Borodin, 1904), выловленных в Каспийском море. Аккумулируясь в тканях и органах рыб в концентрациях, превышающих предельно установленные нормы, тяжелые металлы представляют опасность для здоровья человека. Отбор проб осуществлялся по общепринятым методикам, определение микроэлементов производилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. Из анализа полученных данных следует, что распределение микроэлементов в органах и тканях исследованных видов сельдевых рыб имело сходный характер: наибольшие концентрации микроэлементов зарегистрированы в жабрах и печени, а наименьшие – в мышечной ткани. При этом органы и ткани долгинской сельди, по сравнению с сельдью-черноспинкой, отличались большими концентрациями химических элементов. Отмечено, что цинк преимущественно аккумулируется в печени, а марганец, свинец и кадмий – в жабрах. Выявлено превышение допустимого уровня цинка, кадмия и свинца в исследованных органах и тканях обоих видов рыб.

Ключевые слова: Каспийское море, микроэлементы, аккумуляция, жабры, печень, гонады, мышечная ткань.

Для цитирования: Еришова Т. С., Зайцев В. Ф., Чаплыгин В. А., Канбетов А. Ш. Видовые особенности распределения микроэлементов в органах и тканях некоторых видов сельдевых (Clupeidae) Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 1. С. 100–106. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-100-106.

Введение

В настоящее время биогеохимическая оценка состояния гидрэкосистем является одним из приоритетных направлений в экологии.

Каспийское море – уникальный замкнутый водоем, в котором сосредоточены запасы углеводородного сырья. При этом его экосистема отличается особым видовым составом населяющих его гидробионтов.

В современных экологических и экономических условиях рыбные ресурсы являются наиболее уязвимым и наименее защищенным компонентом биологического разнообразия в Каспийском бассейне. Изучение микроэлементного состава органов и тканей промысловых видов рыб Каспийского моря в условиях техногенеза биосферы является одним из актуальных направлений биогеохимических исследований.

Долгинская сельдь (*Alosa braschnikowii braschnikowii*) и сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri kessleri*) являются эндемиками Каспийского моря и в его экосистеме занимают верхний трофический уровень, поэтому, по сравнению с другими гидробионтами, обладают способностью накапливать микроэлементы в большей мере. В связи с этим содержание химических элементов в органах и тканях сельдевых видов рыб позволяет представить и оценить биогеохимическую картину Каспийского моря.

Кроме того, эти виды рыб являются источником пищи для человека.

Известно, что химические элементы в небольших количествах, входя в состав биологически активных веществ, таких как ферменты, витамины и гормоны, способствуют нормальному протеканию физиологических процессов в организме [1]. Аккумулируясь в тканях и органах рыб в концентрациях, превышающих предельно установленные нормы, металлы представляют опасность для здоровья человека.

На основании вышесказанного целью исследования являлось определение уровня содержания цинка, марганца, кадмия и свинца в жабрах, печени, гонадах и мышечной ткани сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887)) и долгинской сельди (*Alosa braschnikowii braschnikowii* (Borodin, 1904)).

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887)) (рис. 1) и долгинская сельдь (*Alosa braschnikowii braschnikowii* (Borodin, 1904)) (рис. 2).

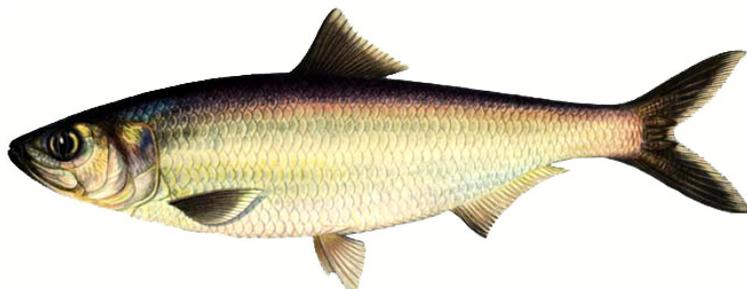


Рис. 1. Сельдь-черноспинка – *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887)



Рис. 2. Долгинская сельдь – *Alosa braschnikowii braschnikowii* (Borodin, 1904)

Образцы проб органов и тканей сельдевых видов рыб получены на судах различных организаций в результате экспедиций в 2011–2019 гг.

Материалом исследования являлись жабры, печень, гонады и мышечная ткань сельдевых видов рыб.

Определение микроэлементов в органах и тканях объектов исследования выполняли на кафедре «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета.

Исследования проводили, используя метод атомно-абсорбционной спектрометрии с применением атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. Концентрацию химических элементов выражали в мг/кг сухого вещества.

Полученные результаты подвергали статистической обработке.

Результаты исследований и их обсуждение

Распределение цинка в организме *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii* имело сходную тенденцию (рис. 3).

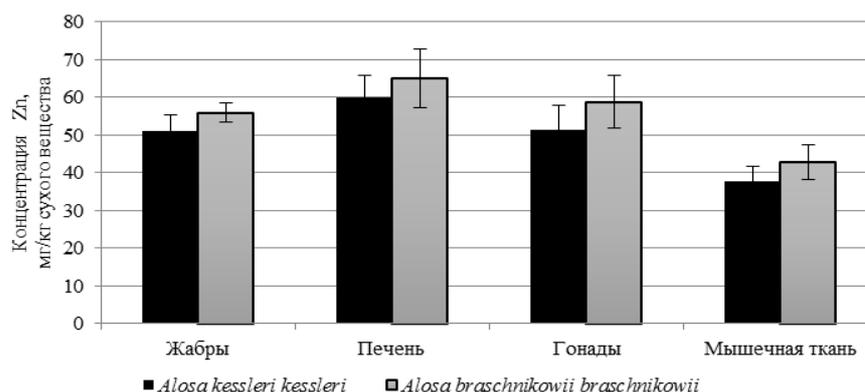


Рис. 3. Содержание цинка в органах и тканях *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii*

Так, у обоих видов исследованных сельдей выявленное содержание цинка в печени, жабрах и гонадах находилось в пределах от 51,01 до 65,09 мг/кг сухого вещества. Следует отметить, что выявленные различия в его накоплении в органах и тканях – как у сельди черноспинки, так и у долгинской сельди – недостоверны ($p > 0,05$).

По сравнению с жабрами, печенью и гонадами в мышечной ткани у сельди-черноспинки и долгинской сельди значения показателя оказались ниже и были зарегистрированы на отметке 37,73 и 42,74 мг/кг сухого вещества.

По количеству цинка органы и ткани исследованных видов сельдей располагались в следующем убывающем порядке: печень \geq гонады \geq жабры $>$ мышцы.

Как и в случае с цинком, распределение марганца в исследованных органах и тканях у сельди-черноспинки и долгинской сельди имеет сходный характер (рис. 4).

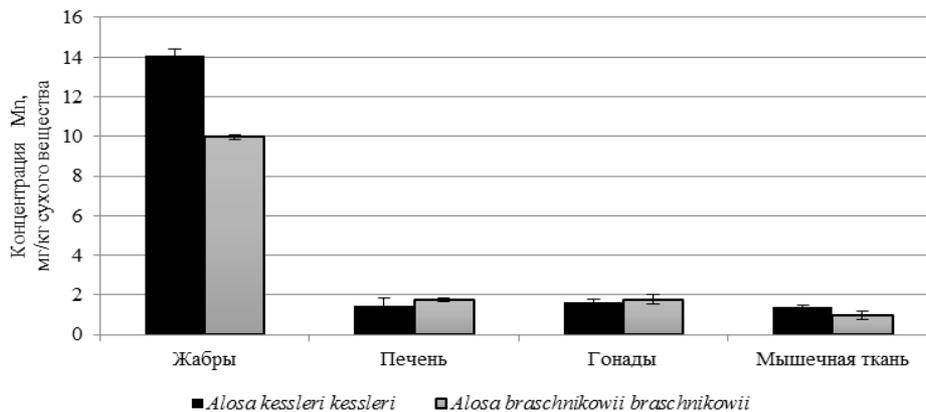


Рис. 4. Содержание марганца в органах и тканях *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii*

В жабрах сельдей обоих видов выявлены максимальные значения химического элемента. Возможно, это обусловлено активным участием жабр в основном обмене марганцем между внешней средой и гидробионтами, который происходит через жаберные лепестки [2, 3]. Выявлено, что его содержание в жабрах у сельди-черноспинки ($14,1 \pm 0,32$ мг/кг сухой массы) выше, чем у долгинской сельди ($9,97 \pm 0,11$ мг/кг сухой массы).

Концентрация металла в остальных исследованных органах сельди-черноспинки и долгинской сельди более чем в 7 раз ниже этого показателя в жабрах ($p < 0,05$).

Различия в значениях аккумуляции марганца печенью и гонадами – как у сельди-черноспинки, так и у долгинской сельди – недостоверны ($p > 0,05$). Минимальные концентрации обнаружены в мышцах рыб ($1,35 \pm 0,12$ и $0,97 \pm 0,24$ мг/кг сухого вещества у сельди-черноспинки и долгинской сельди соответственно).

По уровню накопления марганца органы сельдевых рыб составляли следующий убывающий ряд: жабры > печень ≥ гонады > мышцы.

Кадмий в организме изученных видов рода *Alosa* преимущественно аккумулировался в жабрах, где значения химического элемента у *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii* составляли 0,40 и 0,53 мг/кг сухой массы соответственно (рис. 5).

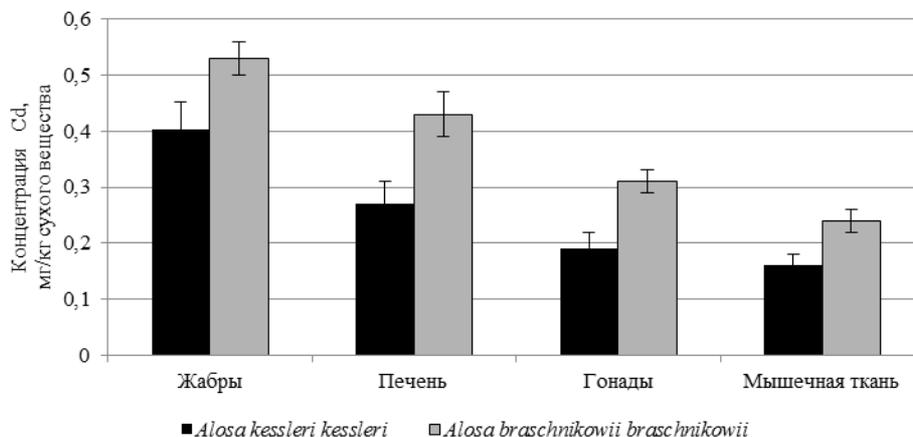


Рис. 5. Содержание кадмия в органах и тканях *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii*

Следующим органом по накоплению кадмия являлась печень. В ней содержание металла несколько ниже, чем в жабрах, оно составляло у сельди-черноспинки 0,27 мг/кг, а у долгинской сельди 0,43 мг/кг сухого вещества. В минимальном количестве кадмий аккумулировался мышечной тканью. Отмечено, что концентрация кадмия в указанных органах и тканях достоверно выше у долгинской сельди по сравнению с сельдью-черноспинкой ($p < 0,05$).

По способности к аккумуляции кадмия органы и ткани исследованных видов сельдей располагались в следующем убывающем порядке: жабры > печень > гонады > мышцы.

Кадмий достаточно сложно выводится из организма, поэтому степень его аккумуляции в органах и тканях гидробионтов на протяжении онтогенеза высока [3]. Повышенный уровень накопления кадмия в жабрах может привести к снижению способности к осморегуляции [4].

Как и в случае с другими исследованными химическими элементами, максимальные значения свинца зафиксированы в жабрах сельдей (7,69 и 8,45 мг/кг сухого вещества у сельди-черноспинки и долгинской сельди соответственно) (рис. 6).

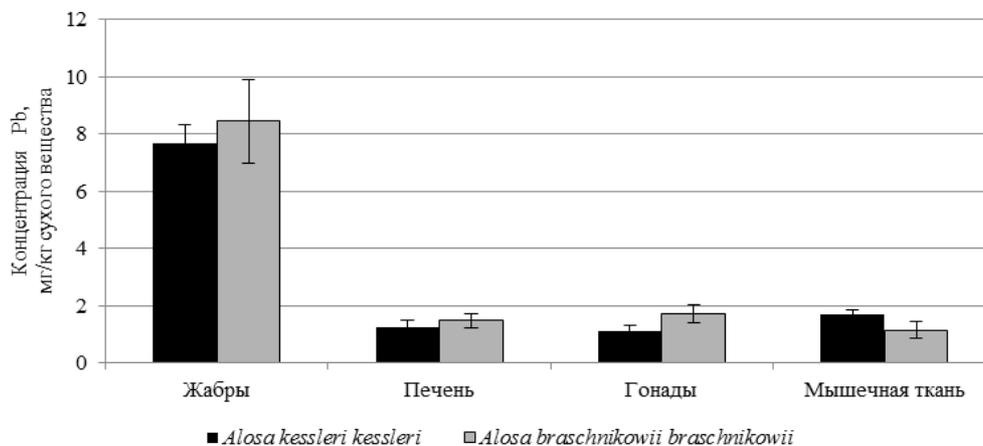


Рис. 6. Содержание свинца в органах и тканях *Alosa kessleri kessleri* и *Alosa braschnikowii braschnikowii*

В остальных изученных органах рыб содержание химического элемента находилось примерно на одном уровне и колебалось от 1,13 до 1,68 мг/кг сухого вещества. Концентрация свинца в них примерно в 8 раз меньше, чем в жабрах.

Отмечено, что различия в накоплении свинца органами и тканями долгинской сельди и сельди-черноспинки недостоверны ($p > 0,05$).

По способности к аккумуляции свинца органы и ткани исследованных видов сельдей располагались в следующем убывающем порядке: жабры > печень \geq гонады \geq мышцы.

В связи с тем, что сельдь-черноспинка и долгинская сельдь относятся к одному роду *Alosa* и имеют некоторое сходство по биологическим и экологическим особенностям, распределение микроэлементов в их органах и тканях имело сходную закономерность: наибольшие концентрации микроэлементов зарегистрированы в жабрах и печени, а наименьшие – в мышечной ткани. Это обусловлено участием жабр в обмене химическими элементами между внешней средой и гидробионтами [1, 3, 5], при этом жаберный эпителий представляет собой ворота в организм для этих металлов [2], а печень является для них функциональным депо, где происходит их детоксикация [1]. В результате работы показано, что гонады рыб обладают способностью аккумулировать металлы в достаточно большом количестве, что может отразиться на их функциональном состоянии. Ранее отмечено, что загрязнение среды Северного Каспия способствует развитию аномалий в гонадах долгинской сельди [6]. Мышцы, по сравнению с другими органами рыб, составляют большой процент от массы тела, поэтому они также обладают способностью депонировать химические элементы [2].

Таким образом, несмотря на выявленное аналогичное распределение цинка, марганца, кадмия и свинца в органах и тканях у проходной сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* и морской долгинской сельди *Alosa braschnikowii braschnikowii*, выявлены видовые особенности аккумуляции микроэлементов, которые заключались в большей способности к их накоплению органами и тканями долгинской сельди.

Заключение

В органах и тканях сельди-черноспинки и долгинской сельди в наибольшей степени аккумулировались химические элементы, которые участвуют в протекании физиологических процессов, такие как цинк и марганец, а в наименьшей – свинец и кадмий. При этом цинк преимущественно накапливался в печени, а марганец, свинец и кадмий – в жабрах. Несмотря на обнаруженное сходство в распределении исследованных химических элементов в органах и тканях у проходной сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* и морской долгинской сельди *Alosa braschnikowii braschnikowii*, выявлены видовые особенности аккумуляции микроэлементов, которые заключаются в большей способности к их накоплению органами и тканями долгинской сельди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашкина Н. А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 260 с.
2. Глазунова И. А. Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб // Изв. Алтайс. гос. ун-та. Сер.: Химия. География. Биология. 2005. № 3. С. 90–93.
3. Вундцеттель М. Ф., Кузнецова Н. В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб реки Яхромы // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 155–158.
4. Руднева Н. А. Тяжелые металлы и микроэлементы в гидробионтах Байкальского региона // Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. 136 с.
5. Евтушенко Н. Ю. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища // Гидробиологический журнал. 1996. Т. 32. № 4. С. 58–66.
6. Седова Т. С., Ключарева Н. Г. Аномалии половых гонад у долгинской сельди // Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек: материалы докл. I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (Астрахань, 7–9 июля 2004 г.). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2004. С. 177–179.

Статья поступила в редакцию 07.08.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Зайцев Вячеслав Федорович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р с.-х. наук, профессор; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.

Чаплыгин Владимир Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; главный специалист лаборатории осетровых рыб; wladimirchap@yandex.ru.

Канбетов Асылбек Шахмуратович – Республика Казахстан, 060027, Атырау; Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева; канд. биол. наук, профессор; руководитель службы координации научных центров, научно-исследовательских лабораторий и факультетов; a.kanbetov@mail.ru.



**SPECIFIC FEATURES OF DISTRIBUTION OF MINERALS
IN ORGANS AND TISSUES
OF HERRING SPECIES (CLUPEIDAE) IN CASPIAN SEA**

T. S. Ershova¹, V. F. Zaytsev¹, V. A. Chaplygin², A. Sh. Kanbetov³

¹*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

²*Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Astrakhan, Russian Federation*

³*Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebayev,
Atyrau, Republic of Kazakhstan*

Abstract. Research objective was to identify the specific features of distribution of microelements (zinc, manganese, lead, cadmium) in organs and tissues of black-backed shad *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) and Dolginsky herring *Alosa braschnikowii braschnikowii* (Borodin, 1904) caught in the Caspian Sea. Accumulated in the tissues and organs of fish in concentrations exceeding the maximum permissible limits, heavy metals pose a danger to human health. Sampling was carried out by the standard techniques, definition of minerals was made by method of atomic and absorbing spectroscopy using an atomic and absorbing spectrometer with electrothermal atomization of MGA-915 MD. The analysis of the obtained data showed that distribution of minerals in the organs and tissues of the studied herring species had a similar pattern: the highest concentrations of minerals were registered in the gills and liver, the smallest - in muscle tissue. In comparison with black-backed shad the organs and tissues of Dolginsky herring had higher concentrations of chemical elements. Zinc has been found to accumulate mainly in the liver; manganese, lead and cadmium - in the gills. Accumulation of zinc, cadmium and lead in the studied bodies and tissues of fishes exceeded acceptable level.

Key words: the Caspian Sea, minerals, accumulation, gills, liver, gonads, muscle tissue.

For citation: Ershova T. S., Zaytsev V. F., Chaplygin V. A., Kanbetov A. Sh. Specific features of distribution of minerals in organs and tissues of herring species (Clupeidae) in Caspian Sea. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;1:100-106. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-100-106.

REFERENCES

1. Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P., Gashkina N. A. *Rasseiannye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushi: tekhnofil'nost', bioakkumulatsiia i ekotoksikologiya* [Scattered elements in inland surface waters: technophilicity, bioaccumulation and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 260 p.
2. Glazunova I. A. Osobennosti raspredeleniia i nakopleniia tiazhelykh metallov v organakh i tkaniakh ryb [Features of distribution and accumulation of heavy metals in organs and tissues of fish]. *Izvestiia Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. Serii: Khimii. Geografiia. Biologiiia*, 2005, no. 3, pp. 90-93.
3. Vundtsettel' M. F., Kuznetsova N. V. Soderzhanie tiazhelykh metallov v organakh i tkaniakh ryb reki Iakhroma [Concentration of heavy metals in organs and tissues of fish of Yakhroma River]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2013, no. 2, pp. 155-158.
4. Rudneva N. A. *Tiazhelye metally i mikroelementy v gidrobiontakh Baikalskogo regiona* [Heavy metals and microelements in hydrobionts of Baikal region]. Ulan-Ude, Izd-vo BNTs SO RAN, 2001. 136 p.
5. Evtushenko N. Iu. Osobennosti nakopleniia tiazhelykh metallov v tkaniakh ryb Kremenchugskogo vodokhranilishcha [Peculiarities of accumulation of heavy metals in tissues of fish of Kremenchug Reservoir]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1996, vol. 32, no. 4, pp. 58-66.
6. Sedova T. S., Kliuchareva N. G. Anomalii polovykh gonad u dolginskoi sel'di [Anomalies of gonads in Dolginsky herring]. *Kompleksnye issledovaniia biologicheskikh resursov iuzhnykh morei i rek: materialy dokladov I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh (Astrakhan', 7-9 iulia 2004 g.)*. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2004. Pp. 177-179.

The article submitted to the editors 07.08.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ershova Tatiana Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; ershova_ts@mail.ru.

Zaitsev Vyacheslav Fedorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.

Chaplygin Vladimir Aleksandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Senior Researcher of the Laboratory of Sturgeons; vladimirchap@yandex.ru.

Kanbetov Assylbek Shakhmuratovich – Republic of Kazakhstan, 060027, Atyrau; Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebayev; Candidate of Biology, Professor; Head of the Commercialization Center; a.kanbetov@mail.ru.

