

Научная статья
УДК 574.2
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-82-89>
EDN PBIQLW

Микроэлементный состав крови русского осетра

В. Ф. Зайцев¹, В. А. Чаплыгин², Ю. А. Чаплыгина³, Т. С. Ершова^{4✉}, А. Р. Тулепбергенова⁵

^{1, 2, 4, 5} Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, ershova_ts@mail.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Москва, Россия

Аннотация. Установление количественных уровней химических элементов в крови играет ведущую роль в изучении микроэлементного статуса организма. Целью работы являлось исследование микроэлементного состава крови и селезенки русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833). Объектами исследования являлись разновозрастные самки и самцы русского осетра. Определение металлов проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В каждой пробе определяли железо, медь, марганец, цинк, никель, кобальт, хром, свинец, кадмий. Выявлены видовые особенности накопления химических элементов в крови и селезенке русского осетра. Содержание железа и цинка в крови и селезенке рыб отмечается в наибольших количествах. При этом концентрация цинка в крови рыб, так же как и концентрация железа, зависит от систематического положения рыб и укладывается в пределы концентраций химических элементов по А. П. Виноградову: содержание железа и цинка в крови *Teleostei* в общем выше, чем в крови *Elasmobranchii*. Русский осетр относится подклассу *Chondrostei* и имеет признаки хрящевых и костистых рыб, возможно, этим можно объяснить такое количество обнаруженного железа и цинка в его крови. Выявлена положительная корреляционная связь между железом и медью в крови самок и самцов русского осетра. В то же время половых различий в содержании химических элементов в крови самок и самцов русского осетра не обнаружено, за исключением никеля, концентрация которого выше в крови самцов. Показано, что с возрастом рыб повышается концентрация никеля, марганца, свинца и меди в крови.

Ключевые слова: химические элементы, концентрация, кровь, селезенка, русский осетр, возраст, пол

Благодарности: работа выполнена в ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» в рамках фундаментальных научных исследований при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-24-10043.

Для цитирования: Зайцев В. Ф., Чаплыгин В. А., Чаплыгина Ю. А., Ершова Т. С., Тулепбергенова А. Р. Микроэлементный состав крови русского осетра // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 2. С. 82–89. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-82-89>. EDN PBIQLW.

Original article

The Russian sturgeon blood trace element composition

V. F. Zaitsev¹, V. A. Chaplygin², Ju. A. Chaplygina³,
T. S. Ershova^{4✉}, A. R. Tulepbergenova⁵

^{1, 2, 4, 5} Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, ershova_ts@mail.ru

³ Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Moscow, Russia

Abstract. Establishing quantitative levels of chemical elements in the blood plays a leading role in studying the microelement status of the body. The purpose of the work was to study the microelement composition of the blood and spleen of the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833). The objects of the study were females and males of Russian sturgeon of different ages. The determination of metals was carried out using atomic absorption spectrometry. In each sample, iron, copper, manganese, zinc, nickel, cobalt, chromium, lead, and cadmium were determined. Specific features of the accumulation of chemical elements in the blood and spleen of Russian sturgeon have been revealed. The content of iron and zinc in the blood and spleen of fish is in the greatest quantities. At the same

time, the concentration of zinc in the blood of fish, as well as the concentration of iron, depends on the systematic position of the fish, and falls within the limits of the concentrations of chemical elements according to A. P. Vinogradov: the content of iron and zinc in the blood of *Teleostei* is generally higher than in the blood of *Elasmobranchii*. Russian sturgeon belongs to the subclass *Chondrostei* and has characteristics of cartilaginous and bony fish, perhaps this can explain the amount of iron and zinc found in the blood. A positive correlation was revealed between iron and copper in the blood of female and male Russian sturgeon. At the same time, no gender differences were found in the content of chemical elements in the blood of female and male Russian sturgeon, with the exception of nickel, the concentration of which is higher in the blood of males. It has been shown that as fish age, the concentration of nickel, manganese, lead and copper in the blood increases.

Keywords: chemical elements, concentration, blood, spleen, Russian sturgeon, age, gender

Acknowledgment: the work was performed at the Astrakhan State Technical University within the framework of fundamental scientific research with the financial support of the Russian Science Foundation grant No. 23-24-10043.

For citation: Zaitsev V. F., Chaplygin V. A., Chaplygina Ju. A., Ershova T. S., Tulepbergenova A. R. The Russian sturgeon blood trace element composition. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2024;2:82-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-82-89>. EDN PBIQLW.

Введение

В изучении микроэлементного статуса организма ведущую роль играет установление количественных уровней химических элементов в крови и кроветворном органе – селезенке. Химические элементы, входящие в состав организма, обладают специфической биологической ролью. Они влияют на процессы обмена веществ и некоторые физиологические функции.

Состав крови рыб является одним из динамичных параметров внутренней среды, отвечающим за адаптивные процессы на изменение условий обитания. По мнению А. П. Виноградова, химический элементарный состав организмов может являться важным признаком биологической систематики, а также геохимической функции данного вида [1].

На основании вышесказанного целью исследования являлось изучение микроэлементного состава крови и селезенки русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833) в современных экологических условиях.

Материалы и методы исследования

С помощью кварцевых инструментов у рыб изымали селезенку. Каждый орган помещали в отдельно взятый пронумерованный полиэтиленовый пакет типа гриппер и замораживали. Замороженные пробы хранили в морозильнике.

Отбор проб крови проводился путем рассечения скальпелем жаберной дуги рыбы и дальнейшего ее переливания в стерильный пластиковый стакан. После этого пробы хранили в морозильнике.

Определение химических элементов в крови русского осетра выполняли на кафедре «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета.

Определение металлов проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии [2, 3] на спектрометре МГА-915 согласно ГОСТ 30178-96. В каждой пробе определяли следующие микроэлементы: железо, медь, марганец, цинк, никель, кобальт, хром, свинец, кадмий.

Результаты исследования обработаны статистически при помощи программного продукта Microsoft® Excel™.

Результаты исследований и их обсуждение

Селезенка представляет собой депо крови в организме всех позвоночных животных и характеризуется интенсивным кроветворным процессом превращения неорганического железа в составную часть гемоглобина [4, 5]. Изучалось содержание химических элементов в этом органе (рис. 1, 2).

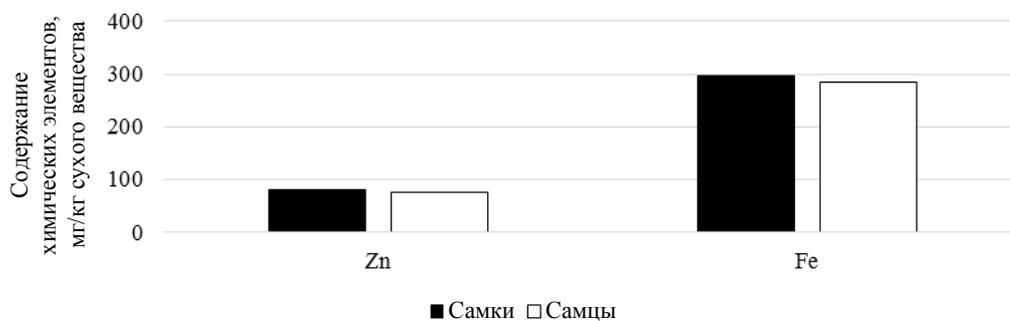


Рис. 1. Содержание железа и цинка в селезенке самок и самцов русского осетра

Fig. 1. The content of iron and zinc in the spleen of female and male Russian sturgeon

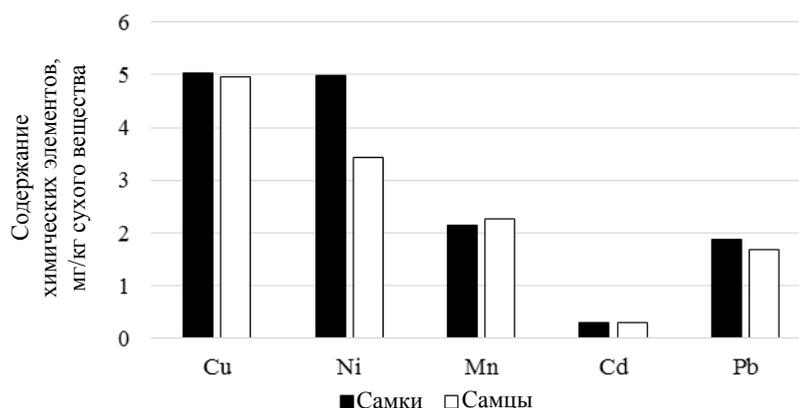


Рис. 2. Содержание химических элементов в селезенке самок и самцов русского осетра

Fig. 2. The content of chemical elements in the spleen of female and male Russian sturgeon

В селезенке самок и самцов русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) в наибольшем количестве обнаружено железо ($278,77 \pm 7,2$ и $266,72 \pm 7,4$ мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно) (см. рис. 1). Высокое содержание железа в тканях этого органа обусловлено функциональными особенностями селезенки и связано с тем, что она обильно снабжается кровью, где накопление этого металла происходит главным образом за счет геминного железа [6]. Гемоглобин как основной элемент крови животных содержит около 79 % всего железа организма.

Содержание цинка почти в 4 раза меньше содержания железа, но в то же время цинк, по сравнению с остальными исследованными химическими элементами, занимает вторую позицию по концентрации в селезенке. Высокий уровень биоаккумуляции цинка селезенкой можно объяснить активным участием этого микроэлемента в кроветворении, что ранее отмечали В. И. Воробьев, В. Ф. Зайцев, Е. Н. Щербакова [6].

Уровень накопления меди, никеля, марганца, кадмия и свинца не превышал отметки 5 мг/кг сухого вещества. В наименьшем количестве, по сравнению с исследованными химическими элементами, отмечен кадмий, концентрация которого составляла 0,29 и 0,31 мг/кг сухого вещества у самок и самцов русского осетра соответственно.

По содержанию в селезенке русского осетра химические элементы располагались в следующем убывающем порядке: Fe > Zn > Cu > Ni > Mn > Pb > Cd.

В ходе исследований отмечено, что достоверных различий в содержании изученных химических элементов в селезенке самок и самцов не выявлено ($p > 0,05$).

Показано достоверное увеличение концентрации

меди в селезенке с возрастом ($r = 0,9$). Нами отмечено, что интенсивная аккумуляция Cu в селезенке русского осетра происходила в период с 4 до 9 лет [7]. У рыб старших возрастов изменения в содержании микроэлемента в селезенке незначительны. Ранее относительно русского осетра В. И. Воробьев с соавторами в своих исследованиях обнаружили увеличение содержания меди, в том числе и селезенке, с возрастом [6].

В крови самок и самцов русского осетра в наибольших концентрациях присутствовало железо, его количество составляло 840,68 мг/кг сухого вещества (84 мг на 100 г сухого вещества). Чем выше стоит организм на эволюционной лестнице, тем больше, как правило, железа в крови этого организма [1]. Так, количество железа в крови *Teleostei* (114–147 мг на 100 г сухого вещества) в общем выше, чем в крови *Elasmobranchii* (70–80 мг на 100 г сухого вещества) [8, 9]. Русский осетр относится подклассу *Chondrostei* и имеет признаки хрящевых и костистых рыб, возможно, этим можно объяснить такое количество обнаруженного железа в крови. Железо в крови рыб находится преимущественно в протоплазме эритроцитов, где его содержание в 40–140 раз выше, чем в ядре эритроцитов [1]. В указанный возрастной период русского осетра зависимость концентрации железа в крови от возраста и пола особей не обнаружена ($p > 0,05$).

Концентрация цинка в крови рыб на порядок ниже, чем железа, причем, как и в случае с железом, концентрация микроэлемента не изменялась в зависимости от пола русского осетра ($p > 0,05$). Содержание цинка в крови самок и самцов русского осетра составляла в среднем 55 мг/кг сухого вещества (5,5 мг на 100 г сухого вещества) (рис. 3).

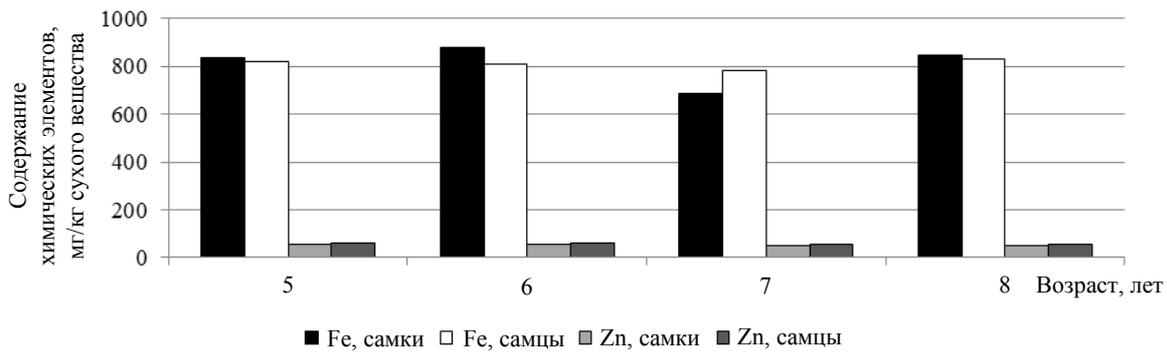


Рис. 3. Содержание железа и цинка в крови самок и самцов русского осетра

Fig. 3. The content of iron and zinc in the blood of females and males of the Russian sturgeon

Концентрация цинка в крови рыб, так же как и концентрация железа, зависит от систематического положения организма: в крови *Elasmobranchii* (3,2–5,71 мг на 100 г сухого вещества) цинка меньше, чем в крови *Teleostei* (9,8 мг на 100 г сухого вещества) [1, 9]. По данным А. Н. Войнара, 75 % общего количества цинка крови сосредоточено в эритроцитах, 22 % находится в плазме крови и 3 % в белых кровяных тельцах [10].

Цинк в крови рыб в основном сосредоточен в ядре эритроцитов и входит в состав карбоангидразы [10], поэтому его высокое содержание относительно других химических элементов в крови можно объяснить физиологической ролью карбоангидразы. Фермент превращает CO_2 , образующуюся при процессах окисления, в ион HCO_3^- , пере-

ходящий в плазму. Благодаря карбоангидразе напряжение CO_2 в капиллярах всегда поддерживается на низком уровне. В то же время карбоангидраза катализирует реакцию дегидратации H_2CO_3 , которая сама по себе протекает очень медленно и тем самым ускоряет выделение CO_2 в жабрах [10].

Медь – химический элемент, занимающий по количественному содержанию в крови третью позицию после железа и цинка. Возможно, это связано с тем, что медь необходима для процесса кроветворения, т. к. влияет на повышение уровня гемоглобина в крови [10]. В крови рыб меди больше, чем у других позвоночных животных [1]. Содержание меди в крови русского осетра не превышало 10 мг/кг сухого вещества, при этом у самцов концентрация меди выше, чем у самок ($p < 0,05$) (рис. 4).

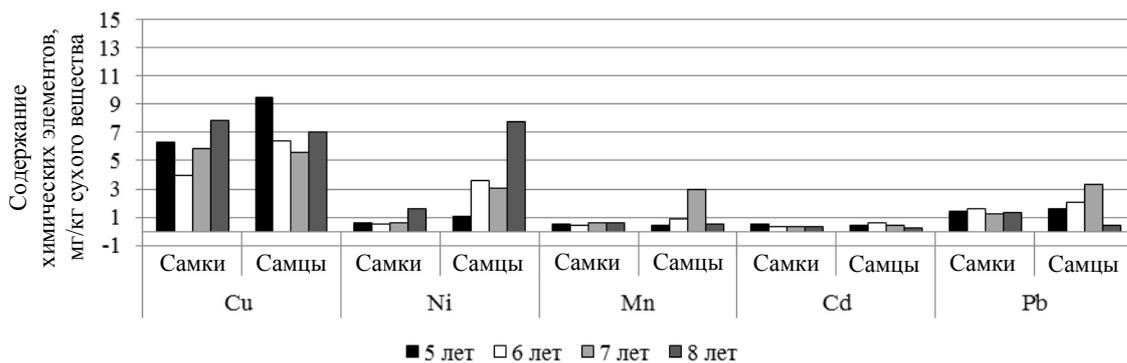


Рис. 4. Содержание химических элементов в крови самок и самцов русского осетра

Fig. 4. The content of chemical elements in the blood of females and males of the Russian sturgeon

Концентрация остальных изученных химических элементов в крови русского осетра не превышала 5 мг/кг сухого вещества.

Никель входит в состав клеток крови – эритроцитов, участвует в окислительно-восстановительных процессах организма [10]. Показано, что содержание

никеля в крови самцов рыб выше, чем у самок.

Концентрации марганца, кадмия и свинца в крови русского осетра не имели половых различий. При этом значения концентраций марганца и кадмия сопоставимы друг с другом, а содержание свинца в 3 раза выше значений этих химических элементов.

Влияние марганца на процессы кроветворения неспецифично, и его благоприятный эффект при добавлении к железу проявляется лишь в сочетании меди и кобальта [10]. В то же время В. Ковальский отмечал, что для обеспечения нормального кроветворения необходимо сочетание железа, меди, кобальта и марганца [11].

По мнению А. Н. Войнара, кадмий является постоянным микроэлементом крови в организмах многих представителей различных классов позвоночных, в том числе и рыб. Кадмиевые соединения оказывают выраженное воздействие на каталазу крови, усиливая активность фермента в малых количествах и тормозя ее в больших [10].

Свинец присутствует в качестве нормального компонента органов и тканей у всех животных. В то же время свинец угнетает синтез гемоглобина, что приводит к анемии и увеличению содержания железа в крови [10].

Содержание хрома и кобальта в крови русского осетра отмечалось ниже значений чувствительности аппарата. При этом хром является постоянным минеральным компонентом тканей животных [1].

Наличие хрома в низких количествах указывает на то, что физиологические концентрации хрома в рыбах нетоксичны.

Обнаружена тесная корреляционная связь в отношении содержания железа и меди в крови русского осетра ($r = +0,86$), что, на наш взгляд, следует объяснять активным вовлечением железа в гемоглобин эритроцитов и участием меди в создании промежуточного соединения гемоглобина, иммунологическими свойствами меди в крови, на что ранее обращал свое внимание В. И. Воробьев, изучая другие виды рыб [12]. Корреляционных связей в отношении остальных исследованных химических элементов в крови русского осетра не обнаружено.

По содержанию в крови русского осетра химические элементы располагаются в следующем убывающем ряду: $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Mn \geq Cd > Co, Cr$.

В ходе анализа возрастных изменений содержания микроэлементов в крови русского осетра отмечено увеличение концентрации никеля, марганца и свинца с возрастом (рис. 5, 6).

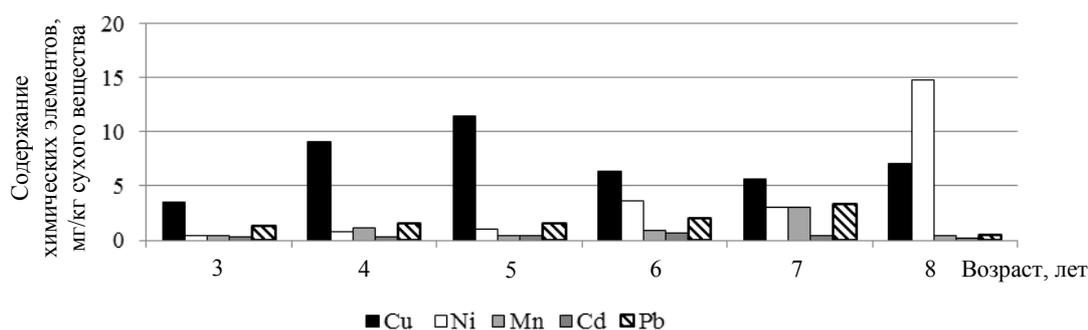


Рис. 5. Возрастная динамика содержания химических элементов в крови самцов русского осетра

Fig. 5. Age dynamics of the content of chemical elements in the blood of male Russian sturgeon

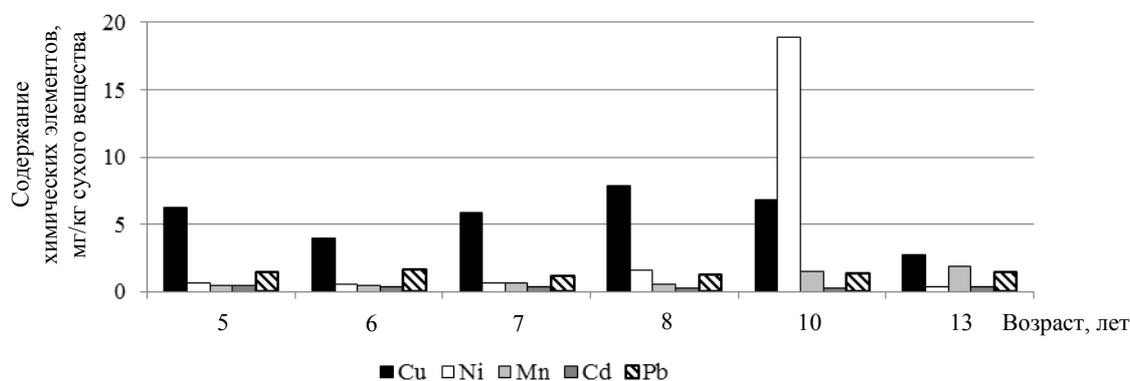


Рис. 6. Возрастная динамика содержания химических элементов в крови самок русского осетра

Fig. 6. Age dynamics of the content of chemical elements in the blood of female Russian sturgeon

Известно, что по мере роста рыб содержание свинца в их теле увеличивается [10], это подтверждено нашими исследованиями. В то же время наименьшие количества меди обнаружены в крови

3-летних особей, что позволяет предположить, что молодые рыбы содержат меньше меди в крови, чем взрослые (рис. 7, 8), на что ранее обращал свое внимание А. П. Виноградов в [1].

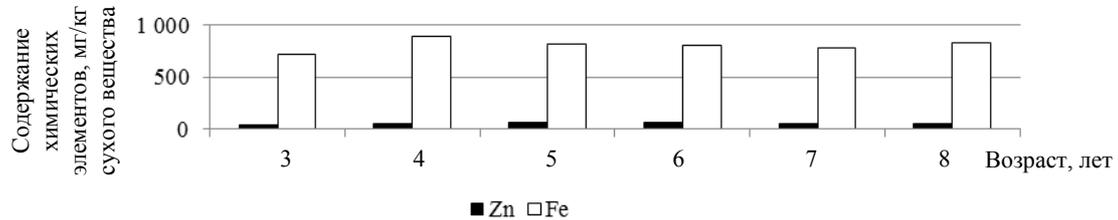


Рис. 7. Возрастная динамика содержания цинка и железа в крови самцов русского осетра

Fig. 7. Age dynamics of zinc and iron content in the blood of male Russian sturgeon

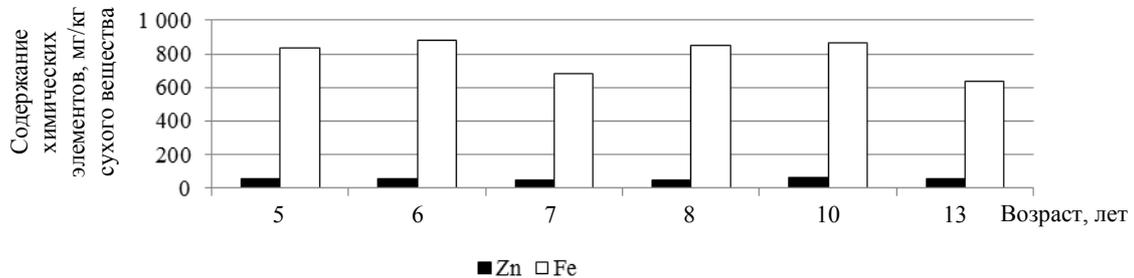


Рис. 8. Возрастная динамика содержания цинка и железа в крови самок русского осетра

Fig. 8. Age dynamics of zinc and iron content in the blood of female Russian sturgeon

При анализе микроэлементного состава крови и селезенки русского осетра выявлено большее содержание цинка, марганца и никеля в селезенке, а железа в крови. Различия в содержании кадмия и свинца в крови и в селезенке рыб не достоверны ($p > 0,05$).

При сравнении содержания цинка в крови русского осетра с данными, полученными Д. В. Воробьевым ранее [13], нами отмечены относительно невысокие значения марганца и меди в крови (рис. 9, 10).

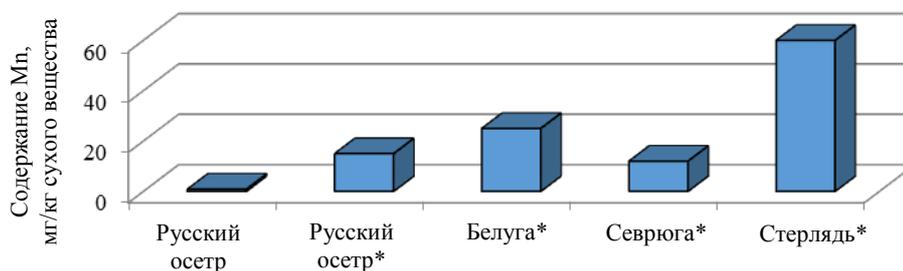


Рис. 9. Содержание марганца в крови осетровых видов рыб: «*» – по данным [13]

Fig. 9. Manganese content in the blood of sturgeon fish species: “*” – according to [13]

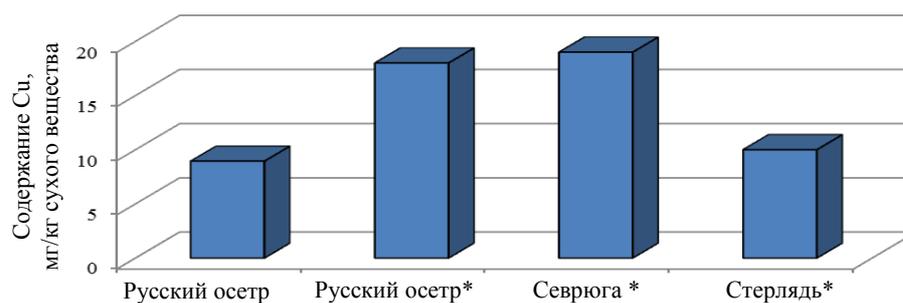


Рис. 10. Содержание меди в крови осетровых видов рыб: «*» – по данным [13]

Fig. 10. Copper content in the blood of sturgeon fish species: “*” – according to [13]

Вероятно, это связано с тем, что объектами исследования Д. В. Воробьева являлись рыбы, которые выращивались в искусственных условиях и получали корм, сбалансированный по микроэлементам [13].

Заключение

Таким образом, в результате исследования микроэлементного состава крови и селезенки русского осетра отмечено следующее.

Концентрации железа и цинка в крови рыб находятся в пределах значений, соответствующих эволюционному положению рыб.

Между железом и медью в крови русского осетра существует тесная положительная связь.

Половых различий в содержании химических элементов в крови самок и самцов русского осетра не обнаружено, за исключением никеля, концентрация которого выше в крови самцов.

С возрастом рыб в крови русского осетра повышается концентрация никеля, марганца, свинца и меди.

В наибольшем количестве в селезенке выявлены железо и цинк, а в наименьшем – кадмий. Концентрация железа в селезенке ниже, чем в крови. Достоверных различий в содержании изученных химических элементов в селезенке самок и самцов не отмечено.

Список источников

1. Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря. М.: Наука, 2001. 620 с.
2. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия: моногр. М.: Мир, 1976. 355 с.
3. Брицке М. Э. Атомно-адсорбционный спектрохимический анализ: моногр. М.: Химия, 1982. 223 с.
4. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.: Изд. дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
5. Давыдова О. А., Климов Е. С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под науч. ред. Е. С. Климова. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2014. 167 с.
6. Воробьев В. И., Зайцев В. Ф., Щербакова Е. Н. Биогенная миграция тяжелых металлов в организме русского осетра. Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2007. С. 116.
7. Чаплыгин В. А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф. Видовые особенности накопления металлов в организме русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) и персидского (*Acipenser persicus*) осетров Каспийского моря // Рыбное хозяйство. 2020. № 6.

С. 47–52. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-6-47-52.

8. Hall F. G., Gray I. E. The hemoglobin concentration of the blood of marine fishes // J. Biol. Chem. 1929. V. 81. P. 589.
9. Yakusizi N. Ueber die Verteilung von Eisen und Zink im Blutplasma der Protoplasma und Blutkörperchen und ihren Kernen bei den verschiedenen Tieren // Keijo J. Med. 1936. V. 7. N. 2. P. 276.
10. Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высш. шк., 1960. 544 с.
11. Ковальский В. В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 420 с.
12. Воробьев В. И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: МП «Литера», 1993. 224 с.
13. Воробьев Д. В. Метаболизм микроэлементов у рыб Нижней Волги: моногр. Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2010. 117 с.

References

1. Vinogradov A. P. *Khimicheskii elementarnyi sostav organizmov moria* [Chemical elementary composition of marine organisms]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 620 p.
2. Prais V. *Analiticheskaiia atomno-absorbtsionnaia spektrometriia: monografiia* [Analytical atomic absorption spectrometry: monograph]. Moscow, Mir Publ., 1976. 355 p.

3. Britske M. E. *Atomno-adsorbtsionnyi spektrokhimicheskii analiz: monografiia* [Atomic adsorption spectrochemical analysis: monograph]. Moscow, Khimiia Publ., 1982. 223 p.
4. Skal'nyi A. V., Rudakov I. A. *Bioelementy v meditsine* [Bioelements in medicine]. Moscow, Izd. dom «ONIKS 21 vek»: Mir, 2004. 272 p.

5. Davydova O. A., Klimov E. S. *Vliianie fiziko-khimicheskikh faktorov na sodержanie tiazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh* [The influence of physico-chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Pod nauchnoi redaktsiei E. S. Klimova. Ul'ianovsk, Izd-vo UIGTU, 2014. 167 p.

6. Vorob'ev V. I., Zaitsev V. F., Shcherbakova E. N. *Biogennaia migratsiia tiazhelykh metallov v organizme russkogo osetra* [Biogenic migration of heavy metals in the body of the Russian sturgeon]. Astrakhan', Izd-vo OOO «TsNTEP», 2007. P. 116.

7. Chaplygin V. A., Ershova T. S., Zaitsev V. F. Vidovye osobennosti nakopleniia metallov v organizme russkogo (*Acipenser gueldenstaedtii*) i persidskogo (*Acipenser persicus*) osetrov Kaspiiskogo moria [Specific features of metal accumulation in the body of Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Persian (*Acipenser persicus*) sturgeons of the Caspian Sea]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 6, pp. 47-52. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-6-47-52.

8. Hall F. G., Gray I. E. The hemoglobin concentration

of the blood of marine fishes. *J. Biol. Chem.*, 1929, vol. 81, p. 589.

9. Yakusizi N. Ueber die Verteilung von Eisen und Zink im Blutplasma der Protoplasma und Blutkörperchen und ihren Kernen bei den verschiedenen Tieren. *Keijo J. Med.*, 1936, vol. 7, no. 2, p. 276.

10. Voinar A. I. *Biologicheskaiia rol' mikroelementov v organizme zivotnykh i cheloveka* [The biological role of trace elements in the body of animals and humans]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1960. 544 p.

11. Koval'skii V. V. *Geokhimicheskaiia ekologiia* [Geochemical ecology]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 420 p.

12. Vorob'ev V. I. *Biogeokhimiia i rybovodstvo* [Biogeochemistry and fish farming]. Saratov, MP «Litera» Publ., 1993. 224 p.

13. Vorob'ev D. V. *Metabolizm mikroelementov u ryb Nizhnei Volgi: monografiia* [Metabolism of trace elements in fish of the Lower Volga: monograph]. Astrakhan', Izd. dom «Astrakhanskii universitet», 2010. 117 p.

Статья поступила в редакцию 19.03.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024; принята к публикации 10.06.2024
The article was submitted 19.03.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 10.06.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Вячеслав Федорович Зайцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заведующий кафедрой гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; viacheslav-zaitsev@yandex.ru

Владимир Александрович Чаплыгин – кандидат биологических наук; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; wladimirchap@yandex.ru

Юлия Александровна Чаплыгина – аспирант; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; wladimirchap@yandex.ru

Татьяна Сергеевна Ершова – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; ershova_ts@mail.ru

Аделина Рафаелевна Тулепбергенова – магистрант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; tulepbergenova2000@mail.ru

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

Vladimir A. Chaplygin – Candidate of Biological Sciences; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; wladimirchap@yandex.ru

Julia A. Chaplygina – Postgraduate Student; Research Institute of Fisheries and Oceanography; wladimirchap@yandex.ru

Tatyana S. Ershova – Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; ershova_ts@mail.ru

Adelina R. Tulepbergenova – Master's Course Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; tulepbergenova2000@mail.ru

