

**АККУМУЛЯЦИЯ МАРГАНЦА У САМОК И САМЦОВ В МЫШЕЧНОЙ
ТКАНИ И ЧЕШУЕ СУДАКА ОБЫКНОВЕННОГО (*SANDER LUCIOPERCA*)
НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

К. С. Рявкина, аспирант

Т. В. Коновалова, старший преподаватель

О. С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

В. Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный

университет, Новосибирск, Россия

E-mail: kristina02021994@yandex.ru

Ключевые слова: рыбоводство, марганец, чешуя, мышцы, судак, Новосибирское водохранилище

*Реферат. Выполнены исследования по аккумуляции марганца в чешуе и мышечной ткани у самок и самцов судака обыкновенного (*Sander lucioperca*) Новосибирского водохранилища. Анализы проведены на базе сертифицированной аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А. М. Николаева СО РАН. Судачки были разделены по полу, а затем от них отобрали по 34 пробы чешуи и мышечной ткани. Содержание марганца определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP-6500 фирмы Thermo Scientific. Выявлена высокая изменчивость накопления марганца у самок и самцов в чешуе и мышечной ткани. Установлено, что концентрация марганца у самок в чешуе была выше в 7,7 раза, чем в мышечной ткани, а у самцов – в 15,7. Достоверных отличий по содержанию марганца между полами не выявлено. Отношение крайних вариантов в чешуе у самок и самцов было 1 : 5 и 1 : 6, а в мышечной ткани – 1 : 35 и 1 : 30 соответственно. Определены средние значения концентрации марганца в мышцах у судака Новосибирского водохранилища. Выявлены различия по депонированию марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака. Концентрация марганца в мышцах у самок была в 2 раза выше, чем у самцов. Полученные результаты по аккумуляции марганца в чешуе и мышечной ткани можно применять в качестве референсных значений. Уровень концентрации металла характеризуется неравномерным распределением в мышцах и чешуе судака. Результаты исследований подходят для прижизненной оценки интерьера *Sander lucioperca*. Выявлена средняя положительная корреляция между марганцем у самок с абсолютной длиной и живой массой ($r = 0,329$ и $r = 0,311$). Установлено, что количество марганца, а также других тяжелых металлов в водоеме Новосибирского водохранилища увеличивается.*

**MANGANESE ACCUMULATION IN FEMALES AND MALES IN MUSCLE TISSUE
AND SCALES OF SANDER LUCIOPERCA OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR**

K.S. Riavkina, PhD-student

T.V. Konovalova, Senior lecturer

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: fish farming, manganese, scales, muscles, *Sander lucioperca*, Novosibirsk reservoir.

*Abstract. Studies on the accumulation of manganese in females and males in the scales and muscle tissue of the *Sander lucioperca* of the Novosibirsk Reservoir were carried out. Analyzes were taken*

in a A.M. Nikolaev analytical laboratory of the Institute of Inorganic Chemistry SB RAS. The pike perch were divided by gender. Then 34 samples of scales and muscle tissue were taken from them. The manganese content was determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry on a Thermo Scientific iCAP-6500 spectrometer. High variability of manganese accumulation in females and males in scales and muscle tissue was revealed. It was found that the concentration of manganese in females scales was 7.7 times higher than in muscle tissue, and in males - 15.7 times. There were no significant differences in manganese content between the genders. The ratio of extreme variants of scales in females and males was 1: 5 and 1: 6, and in muscle tissue - 1: 35 and 1: 30, respectively. The average values of the concentration of manganese in the muscles of the Sander lucioperca of the Novosibirsk reservoir were determined. Differences in the deposition of manganese in muscle tissue in females and males of Sander lucioperca were revealed. The concentration of manganese in the muscles of females was 2 times higher than that of males. The results obtained on the accumulation of manganese in scales and muscle tissue can be used as reference values. The level of metal concentration is characterized by an uneven distribution in the muscles and scales of Sander lucioperca. The research results are suitable for a lifetime assessment of the Sander lucioperca interior. An average positive correlation was found between manganese in females with absolute length and body weight ($r = 0.329$ and $r = 0.311$). It was found that the amount of manganese and other heavy metals in the Novosibirsk reservoir is increasing.

В настоящее время одной из глобальных проблем является загрязнение окружающей среды, что связано с ростом антропогенной нагрузки на экосистемы. В частности, с каждым годом увеличивается концентрация тяжелых металлов в водоемах. Это, в свою очередь, негативно влияет на гидробионтов и на человека как конечного потребителя рыбной продукции. Новосибирское водохранилище является объектом большого числа экологических исследований, что связано с разнообразием видов гидробионтов. В Западной Сибири проводятся исследования по содержанию тяжелых металлов в рыбе, а также других животных, чтобы установить генетическую детерминацию [1–10].

Соединения марганца менее токсичны для рыб, чем другие тяжелые металлы. Токсический эффект марганца схож с железом. Содержание марганца в тканях рыб составляет от 0,014 до 0,90 мг%. Максимальное его количество отмечается в печени. Меньше всего марганца в скелетной мускулатуре. Всасывание марганца происходит в организме на всем протяжении тонкого кишечника [11–14].

Известно, что марганец в состоянии коллоидных и взвешенных частиц циркулирует в подземных водах и воде открытых

водоемов. В природных зонах аккумуляция данного металла колеблется от единиц до сотен микрограммов в 1 л. Окислительно-восстановительные реакции, pH среды и многие другие факторы непосредственно влияют на состояние марганца в поверхностных пресных водах [15].

Марганец может служить в качестве кофактора, он необходим для эритропоэза и образования гемоглобина, обладает липотропным эффектом, стимулируя синтез холестерина и жирных кислот. Металл принимает непосредственное участие в синтезе тиреоидных гормонов и сдерживает свободно-радикальное окисление. Он способствует переходу активного железа в Fe^{3+} , что ускоряет рост организма. Марганец в организме животных образует металлокомплексы с белками, нуклеиновыми кислотами, АТФ, АДФ, отдельными аминокислотами. Основной путь выведения марганца из организма – с желчью. Недостаток марганца приводит к ухудшению роста костей, снижается выработка инсулина, возникает анемия [16].

При повышенном поступлении марганца в организм он оказывает токсическое действие, вызывая развитие специфических эффектов повреждающего действия со стороны ЦНС, желудочно-кишечного тракта, системы

крови, почек, костной системы, обменных процессов. При одновременном поступлении в организм марганца и свинца возникает повышенная вероятность развития негативных эффектов ЦНС и системы крови, при поступлении марганца и хрома – со стороны выделительной системы, а также желудочно-кишечного тракта [11, 17].

В Западной Сибири ведется поиск маркеров для прижизненной оценки аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях гидробионтов и других животных. Исследования проводятся в аспекте сравнения устойчивости и резистентности по аккумуляции тяжелых металлов у различных видов сельскохозяйственных животных. Изучается проблема генетической детерминации уровня макро- и микроэлементов в органах и тканях с последующей возможностью включения в дополнительные селекционные программы признаков устойчивости и восприимчивости к накоплению химических элементов [18–23].

Цель исследования – определить закономерности в накоплении марганца в чешуе и мышечной ткани у самок и самцов судака Новосибирского водохранилища.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования чешуи и мышечной ткани судака были проведены на базе сертифицированной аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А. М. Николаева СО РАН. Объектом исследования являлся судак обыкновенный (*Sander lucioperca*) Новосибирского водохранилища в возрасте 3–4,5 года (чешую замачивали в 5%-м растворе аммиака на 2 ч, промывали, затем определяли возраст с помощью бинокулярного микроскопа). Особей вылавливали в период с октября по ноябрь 2019 г. У самцов и самок было отобрано по 34 пробы чешуи и мышечной ткани. Содержание марганца в исследуемых пробах рыб было определено методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектро-

метре iCAP-6500 фирмы Thermo Scientific [24, 25].

Для анализа взвешивали пробу массой 100 мг и помещали в кварцевую чашку, затем ставили в холодную кварцевую печь. Печь разогревали до температуры 250°C, экспозиция при данной температуре составила 15 мин. Затем температуру увеличивали до 450°C с экспозицией также 15 мин. Далее пробу оставляли в печи остывать до комнатной температуры. После обугливания пробу перетирали в кварцевых чашках, далее из порошка подготовленной пробы отбирали навеску массой 10 мг и вводили 50 мг графитового порошка и 40 мг спектроскопического буфера (15% NaCl и графитовый порошок). Для исследования отбирали 20 мг полученной смеси.

Полученные данные сопоставили с предельно допустимыми концентрациями (10 мг/кг). Нормальность распределения определяли по критерию Шапиро-Уилка. Так как по уровню марганца выявлено ненормальное распределение, мы использовали метод S. P. Нозо [26], в основе которого лежит включение в формулу таких показателей, как a , m , b , n :

$$\bar{x} \approx \frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2n + b}{4n};$$

$$\sigma^2 \approx \frac{1}{n-1} \left(a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n} \right)^2 \right),$$

где \bar{x} – средняя арифметическая; σ^2 – дисперсия; n – величина выборки; a – минимальная величина признака; b – максимальная величина признака; m – медиана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1. приведены средние значения по содержанию марганца в чешуе самок и самцов судака.

Эти данные можно предварительно применять в качестве референсных значений в различных исследованиях. Содержание

Таблица 1

Содержание марганца в чешуе самок и самцов судака
Manganese content in scales of female and male *Sander lucioperca*

Пол	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Me	Q ₁	Q ₃
Самки	17	17,6±3,0	16	10	25
Самцы	17	17,3±2,9	18	10	21

марганца в чешуе достоверно не отличаются по половому признаку, что, возможно, связано с одинаковой способностью накапливать металл в производных кожи, а также с одной областью распространения.

Выявлена высокая изменчивость по аккумуляции металла в чешуе судака, видимо, обусловленная влиянием среды (табл. 2). Коэффициент вариации содержания марганца

в чешуе у самок и самцов судака – 47 и 46% соответственно.

Отношение крайних вариант у самок и самцов в чешуе составило 1 : 5 и 1 : 6 соответственно. Существуют межвидовые различия в содержании марганца, например, сравнив полученные данные с результатами исследований Е. А. Галатановой [27], можно сделать вывод, что концентрация данного

Таблица 2

Изменчивость уровня марганца в чешуе самок и самцов судака
Variation in the level of manganese in the scales of female and male *Sander lucioperca*

Пол	IQR*	σ	lim	Отношение крайних вариант
Самки	15	8,3	7,0–32,0	1 : 5
Самцы	11	7,9	6,1–34,0	1 : 6

*IQR – межквартильный размах.

элемента была ниже у ерша (*Gymnocephalus cernuus*) в 6,7 раза, у щуки (*Esox lucius*) – в 36, а у судака (*Sander lucioperca*) – в 50 раз. Однозначно можно сказать, что содержание марганца в чешуе судака в Новосибирском водохранилище намного выше, чем в реке Уй г. Троицка Челябинской области, где были проведены упомянутые исследования.

Анализируя межвидовые различия по накоплению марганца в производных кожи (щетина и чешуя) в работах О. А. Зайко [6] и К. Н. Нарожных [10], проведенных на свиньях породы СМ-1 и скоте герефордской породы, можно сделать вывод, что данный эссенциальный элемент изменяется в большей степени у свиней (12 : 1), чем у крупного рогатого скота (5 : 1). Оценка межвидовых различий позволит установить роль наслед-

ственности, детерминации, резистентности и восприимчивости к депонированию тяжелых металлов. Это позволит частично решить проблему производства экологически безопасной продукции. В настоящее время в мире практически отсутствуют исследования о наследственной устойчивости и восприимчивости различных видов животных к накоплению поллютантов в органах и тканях, а это значит, что отсутствует её комплексная генетическая оценка.

Данные по аккумуляции марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака Новосибирского водохранилища приведены в табл. 3.

Уровень концентрации марганца не превышал ПДК. При этом можно отметить наличие достоверных различий по половому

Таблица 3

Содержание марганца в мышечной ткани самок и самцов судака
The content of manganese in the muscle tissue of female and male *Sander lucioperca*

Пол	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$		Q ₁	Q ₃	ПДК
Самки	17	2,30±0,22	2,1	1,2	3,3	10,0
Самцы	17	1,10±0,14	0,8	0,6	2,0	10,0

признаку, так, его концентрация в мышцах самок была в 2 раза выше, чем у самцов. Возможно, это связано с генетическими особенностями и индивидуальной биологической вариацией.

Выявлена высокая фенотипическая изменчивость по уровню марганца в мышечной ткани судака (табл. 4). Отношение крайних вариант у самок и самцов составило 1 : 35 и 1 : 30 соответственно.

Таблица 4

Изменчивость уровня марганца в мышечной ткани самок и самцов судака
Variation in the level of manganese in the muscle tissue of female and male pike perch

Пол	IQR	σ	lim	Отношение крайних вариант
Самки	2,1	1,3	0,130–4,600	1 : 35
Самцы	1,4	0,8	0,095–2,900	1 : 30

Анализируя данные П. А. Попова и др. [28] по Новосибирскому водохранилищу, можно отметить межвидовые различия по аккумуляции марганца в мышцах рыб. Так, в нашем исследовании у *Sander lucioperca* концентрация марганца была выше, чем у *Percif luviatilis*, *Abramis brama* и *Leucis cusidus*, в соотношении 11 : 3 : 2 : 1. Уровень марганца в этом ис-

следовании был ниже в 3 раза, чем в нашем эксперименте.

Коэффициент вариации в мышечной ткани у самок и самцов судака составил 56 и 72% соответственно.

Концентрация элемента в мышечной ткани судака в наших исследованиях была выше у самцов и самок в 1,14 и 2,5 раза соответственно, чем в экспериментах И. А. Глазуновой [7].

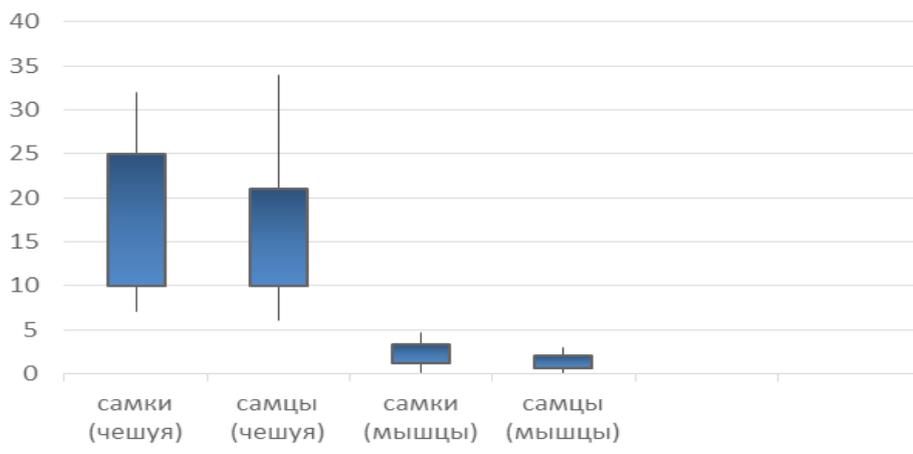


Диаграмма размаха концентрации марганца у самок и самцов судака в чешуе и мышечной ткани
Diagram of the range of manganese concentration in females and males in the scales and muscle tissue of *Sander lucioperca*

Из рисунка видно, что уровень аккумуляции марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака характеризуется меньшим межквартильным размахом, чем в чешуе.

В табл. 5 представлены корреляции между накоплением марганца и размерно-весовыми показателями судака.

Выявлены средние положительные корреляции между накоплением марганца в чешуе у самок с абсолютной длиной и живой массой

($r = 0,329$ и $r = 0,311$), в остальных случаях установлены низкие положительные и отрицательные корреляции.

Сравнив данные разных авторов с полученными результатами, можно заключить, что выявлено увеличение аккумуляции марганца в мышцах судака, что, видимо, связано с возрастанием антропогенной нагрузки в Новосибирском водохранилище. Очевидно, что увеличение концентрации марганца мо-

Корреляции между содержанием марганца и размерно-весовыми показателями судака
Correlations between manganese and size and weight parameters of Sander lucioperca

Пол	Коррелирующие признаки	n	Корреляция $r \pm Sr$
Самки	Mn (чешуя) – абсолютная длина (L)	17	$0,329 \pm 0,210$
	Mn (чешуя) – живая масса		$0,311 \pm 0,212$
Самцы	Mn (чешуя) – абсолютная длина (L)	17	$0,132 \pm 0,201$
	Mn (чешуя) – живая масса		$0,244 \pm 0,189$
Самки	Mn (мышцы) – абсолютная длина (L)	17	$0,114 \pm 0,233$
	Mn (мышцы) – живая масса		$0,129 \pm 0,232$
Самцы	Mn (мышцы) – абсолютная длина (L)	17	$-0,045 \pm 0,186$
	Mn (мышцы) – живая масса		$-0,224 \pm 0,192$

жет приводить к нарушению газообмена у рыб и замедлению их роста, а также к отклонениям в развитии икры рыб.

ВЫВОДЫ

1. Установлены средние концентрации марганца у самок и самцов судака (*Sander lucioperca*) в мышечной ткани и чешуе.

2. Выявлены достоверные различия по аккумуляции марганца в мышцах судака по

половым признакам, выражающиеся в том, что у самок его концентрация была в 2 раза выше, чем у самцов.

3. Отмечен высокий уровень изменчивости аккумуляции марганца в мышечной ткани и чешуе судака.

4. Средние положительные корреляция были обнаружены между содержанием марганца в чешуе у самок с абсолютной длиной и живой массой ($r = 0,329$ и $r = 0,311$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рявкина К. С. Содержание цинка в мышечной ткани сеголеток пеляди // Гуманитарные и правовые проблемы современной России: материалы XV межвуз. студ. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Великой Победы. – Новосибирск, 2020. – С. 39–41.
2. Состояние рыбоводства в некоторых областях Западной Сибири / И. В. Морози, У. В. Пищенко, Л. А. Осинцева, В. Л. Петухов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 11 (166). – С. 4–11.
3. Нарожных К. Н., Ефанова Ю. В., Короткевич О. С. Содержание кадмия в некоторых органах и ткани бычков герфордской породы // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 4 (35) – С. 315–318.
4. Рявкина К. С. Аккумуляция кадмия в органах рыб // Теория и практика современной аграрной науки: сб. III нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2020. – С. 544–546.
5. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract. – Guiang, China, 2014. – P. 74.
6. Зайко О. А. Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 182 с.
7. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби: дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул, 2005. – 103 с.
8. Syso A.I., Lebedeva M, A., Cherevko A.S. Ecological and biochemical evolution of elements content in soil and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 4. – P. 368–374.

9. *Status of toxic heavy metals in cattle of Haryana* / K. Naveen, K. Sandeep, G. Renu [et al.] // *Haryana Veterinarian*. – 2019. – Vol. 58, N 1. – P. 114–116.
10. *Нарожных К. Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
11. *Рявкина К. С.* Аккумуляция свинца в мышцах судака обыкновенного // *Актуальные проблемы агропромышленного комплекса*. – 2020. – С. 37–39.
12. *Биохимический состав мышечной ткани судака *Lucioperca lucioperca* (L.) Новосибирского водохранилища* / И. В. Морузи, В. С. Токарев, П. Н. Смирнов, Е. В. Пищенко // *Вестник НГАУ*. – 2012. – № 1–2 (22). – С. 74–76.
13. *Миллер И. С., Коновалова Т. В., Короткевич О. С.* Особенности накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–11. – С. 2469–2473.
14. *Influence of elevated Zn on hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens* / V.L. Petukhov, I.A. Afonina, O.I. Sebezhko [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2019. – Т. 46, N 4. – P. 901–906.
15. *Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia)* / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Т. 44, N 2. – P. 217–220.
16. *Межвидовые различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных* / К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова, И. С. Миллер, М. В. Стрижкова, О. А. Зайко, А. В. Назаренко // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–26. – С. 5815–5819.
17. *Рявкина К. С.* Соотношение линейного и весового роста у атлантического лосося // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий*. – 2019. – № 4. – С. 95–96.
18. *Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves* / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, O.I. Sebezhko, G.N. Korotkova // *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract*. – Guiang, China. 2014 – P. 74.
19. *Рявкина К. С.* Аккумуляция цинка и меди в чешуе судака Новосибирского водохранилища // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 4 (57). – С. 138–143.
20. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б. Л. Панов, В. Л. Петухов, Л. К. Эрнст, И. И. Гудилин, С. Г. Куликова, О. С. Короткевич, В. Н. Дементьев, Н. Н. Кочнев [и др.]. – Новосибирск: Сиб. науч. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
21. *Accumulation of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin* / I. S. Miller, V.L. Petukhov, O. S. Korotkevich, G. N. Korotkova, I. S. Konovalov // *E3S Web of Conferences. Proceeding of the 16th International conference on heavy metals in the Environment: electronic edition*. – 2013. – P. 11007.
22. *Пат. RUS 2555518 С1.* Способ определения содержания меди в мышечной ткани рыбы / О. С. Короткевич, И. С. Миллер, Т. В. Коновалова [и др.]. – Опубл. 10.07.2017.
23. *Способ определения кадмия в печени и легких крупного рогатого скота* / О. С. Короткевич, К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова [и др.]. – Опубл. 20.04.2015.
24. *Skiba T. V., Tsygankova A. R., Borisova N. S.* Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 6. – P. 958–964.
25. *Tsygankova A. R., Kuptsov A. V., Saprykin A. I.* Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 5. – P. 601–605.

26. Hozo S. P., Djulbegovic B., Hozo I. Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample // BMC Medical Research Methodology. – 2005. – Vol. 5 (1). – P. 13.
27. Галатанова Е. А. Биологические особенности содержания тяжелых металлов в чешуе рыб семейства Percidae, Cyprinidae, Esocidae, Siluridae // Вестник АГАУ. – 2009. – № 9 (59). – С. 46–49.
28. Попов П. А., Андросова Н. В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник ТГУ. – 2014. – № 4 (28). – С. 108–122.

REFERENCES

1. Rjavkina K. S., *Gumanitarnye i pravovye problemy sovremennoy Rossii* (Humanitarian and legal problems of modern Russia), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2020, pp. 39–41. (In Russ.)
2. Moruzi I. V., Pishhenko U. V., Osinceva L. A., Petuhov V. L., *Rybovodstvo i rybnoe hozjajstvo*, 2019, No. 11 (166), pp. 4–11. (In Russ.)
3. Narozhnyh K. N., Efanova Ju. V., Korotkevich O. S., *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2012, No. 4 (35), pp. 315–318. (In Russ.)
4. Rjavkina K. S. *Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2020, pp. 544–546. (In Russ.)
5. Retukhov V. L., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract*, Guiang, China, 2014, P. 74.
6. Zajko O. A., *Izmenchivost» i korrelyatsiya khimicheskikh elementov v organakh i tkanyakh sviney skorospeloy myasnoy porody SM-1* (Variability and correlation of chemical elements in organs and tissues of precocious meat pigs SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, p.182. (In Russ.)
7. Glazunova I. A., *Soderzhanie i osobennosti raspredelenija tjazhelyh metallov v rybah verhov'ev Obi* (Content and distribution of heavy metals in fish of the upper Ob river), Candidate's thesis, Barnaul, 2005, 103 p. (In Russ.)
8. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S., Ecological and biochemical evolution of elements content in soil and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
9. Naveen K., Sandeep K., Renu G. [et al.], Status of toxic heavy metals in cattle of Haryana, *Haryana Veterinarian*, 2019, Vol. 58, No. 1, pp. 114–116.
10. Narozhnyh K. N., *Izmenchivost», korrelyatsii i uroven» tyazhelykh metallov v organakh i tkanyakh gerefordskogo skota v usloviyakh Zapadnoy Sibiri* (Variability, correlations, and levels of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p. (In Russ.)
11. Rjavkina K. S., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, 2020, pp. 37–39. (In Russ.)
12. Moruzi I. V., Tokarev V. S., Smirnov P. N., Pishhenko E. V., *Vestnik NGAU*, 2012, No. 1–2 (22), pp. 74–76. (In Russ.)
13. Miller I. S., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, No. 9–10, pp. 2469–2473. (In Russ.)
14. Petukhov V. L., Afonina I. A., Sebezshko O. I. [et al.], Influence of elevated Zn on hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens, *Indian Journal of Ecology*, 2019, T. 46, No. 4, pp. 901–906.

15. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Fedyaev J. I. [et al.], Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2017, T. 44, No.2, pp. 217–220.
16. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Miller I. S., Strizhkova M. V., Zajko O. A., Nazarenko A. V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russ.)
17. Rjavkina K. S., *Rol» agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skih territorij*, 2019, No. 4, pp. 95–96. (In Russ.)
18. Petukhov V. L., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., Sebezshko O. I., Korotkova G. N., Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull- calves, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*, Proceeding of Abstract. Guiang, China, 2014, p. 74.
19. Rjavkina K. S., *Vestnik NGAU*, 2020, No.4 (57), pp. 138–143. (In Russ.)
20. Panov B. L., Petuhov V. L., Jernst L. K., Gudilin I. I., Kulikova S. G., Korotkevich O. S., Dement'ev V. N., Kochnev N. N. [et al.], *Problemy selekcii sel'skhozjajstvennykh zhivotnykh* (Breeding problems for farm animals), Novosibirsk, Sibirskoe nauchnoe predpriyatие RAN, 1997, 283 p.
21. Miller I. S., Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Korotkova G. N., Konovalov I. S., Accumulation of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin, *E3S Web of Conferences*, Proceeding of the 16th International conference on heavy metals in the Environment: electronic edition, 2013, pp. 11007.
22. Korotkevich O. S., Miller I. S., Konovalova T. V. [at al.], *Patent na izobretenie RUS 2555518 S1*, 10.07.2015. (In Russ.)
23. Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V. [et al.], *Patent na izobretenie RUS 2591825 C1*, 20.07.2016. (In Russ.)
24. Skiba T. V., Tsygankova A. R., Borisova N. S., Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
25. Tsygankova A. R., Kuptsov A. V., Saprykin A. I., Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 5, pp. 601–605.
26. Hozo S. P., Djulbegovic B., Hozo I., Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample, *BMC Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5 (1), p. 13.
27. Galatanova E. A., *Vestnik AGAU*, 2009, No. 9 (59), pp. 46–49. (In Russ.)
28. Popov P. A., Androsova N. V., *Vestnik TGU*, 2014, No. (28), pp. 108–122. (In Russ.)