

Научная статья  
УДК 597.593.4-11:597-1.05 (262.81)  
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-97-104>  
EDN QRVKPX

## Содержание микроэлементов в мышечной ткани кефали (*Liza aurata*, Risso, 1810) Каспийского моря

*Анастасия Сергеевна Гуринович*<sup>✉</sup>, *Владимир Александрович Чаплыгин*,  
*Татьяна Сергеевна Ершова*, *Вячеслав Федорович Зайцев*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, Gurinovich\_AS@mail.ru*<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Для видового разнообразия организмов Каспийского моря характерно наличие не только видов-эндемиков, но и видов-интродуцентов. Особое внимание заслуживает кефаль сингиль (*Liza aurata*, Risso, 1810), которая в 30-е гг. XX в. была интродуцирована из Черного моря. На основе ихтиологических материалов, собранных в 2020–2023 гг. в средней части Каспийского моря, был проведен биологический анализ и анализ химический элементов (цинка, кадмия, никеля, марганца, железа, меди, хрома, кобальта, свинца) в мышечной ткани каспийского сингиля. Биологическому анализу были подвергнуты 178 экземпляров (75 % самки и 25 % самцы). Большую часть экземпляров составляли четырех- и пятигодовики. Обнаружено, что уровни содержания микроэлементов в организмах самок и самцов различны. Среднее содержание железа, цинка, хрома в мышечной ткани самок кефали выше, чем у самцов, а концентрация меди, кадмия, никеля, марганца, свинца выше у самцов, чем у самок. Значение содержания кобальта одинаково у всех возрастных групп самок и самцов кефали. Минимальное накопление микроэлементов отмечено у двухгодовиков, это связано с их небольшой массой. Содержание железа в мышечной ткани самок значительно выше, чем у самцов. С возрастом железо и кадмий аккумулируются в мышечной ткани обоих полов сингиля. У самок и самцов кефали наблюдается снижение концентрации свинца, марганца и никеля с возрастом, т. к. мышечная ткань отличается высоким метаболизмом в условиях повышенной физической нагрузки, что увеличивает потребность в микроэлементах.

**Ключевые слова:** кефаль, Каспийское море, мышечная ткань, микроэлементы

**Для цитирования:** *Гуринович А. С., Чаплыгин В. А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф.* Содержание микроэлементов в мышечной ткани кефали (*Liza aurata*, Risso, 1810) Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2026. № 2. С. 97–104. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-97-104>. EDN QRVKPX.

Original article

## The content of trace elements in mullet muscle tissue (*Liza aurata*, Risso, 1810) of the Caspian Sea

*Anastasia S. Gurinovich*<sup>✉</sup>, *Vladimir A. Chaplygin*, *Tatyana S. Ershova*, *Vyacheslav F. Zaitsev*

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russia, Gurinovich\_AS@mail.ru*<sup>✉</sup>

**Abstract.** The species diversity of the organisms of the Caspian Sea is characterized by the presence of not only endemic species, but also introduced species. Special attention should be paid to the single mullet (*Liza aurata*, Risso, 1810), which was introduced from the Black Sea in the 1930s. Based on ichthyological materials collected in 2020–2023 in the middle part of the Caspian Sea, a biological analysis and analysis of chemical elements (zinc, cadmium, nickel, manganese, iron, copper, chromium, cobalt, lead) in the muscle tissue of the Caspian crocodile was carried out. 178 specimens (75% females and 25% males) were subjected to biological analysis. Most of the copies were four- and five-year-olds. It was found that the levels of trace elements in the organisms of females and males are different. The average content of iron, zinc, and chromium in the muscle tissue of female mullets is higher than that of males, and the concentration of copper, cadmium, nickel, manganese, and lead is higher in males than in females. The cobalt content is the same for all age groups of female and male mullets. The minimal accumulation of trace elements is noted in two-year-olds, this is due to their low weight. The iron content in the muscle tissue of females is significantly higher than that of males. With age, iron and cadmium accumulate in the muscle tissue of both sexes of the male. Female and male mullets show a decrease in the concentration of lead, manganese and nickel with age, as muscle tissue is highly metabolized under conditions of increased physical activity, which increases the need for trace elements.

**Keywords:** mullet, the Caspian Sea, muscle tissue, trace elements

**For citation:** Gurinovich A. S., Chaplygin V. A., Ershova T. S., Zaitsev V. F. The content of trace elements in mullet muscle tissue (*Liza aurata*, Risso, 1810) of the Caspian Sea. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. 2026;2:97-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-97-104>. EDN QRVKPX.

### Введение

Одним из важных компонентов экосистемы Каспийского моря является детрит. Формирование детрита происходит в результате осаждения взвешенных частиц органического вещества, активного речного стока с взвесьями, полного жизненного цикла жизни гидробионтов, а также минеральных частиц с адсорбированными на них бактериями [1]. Детрит накапливает на своей поверхности зафиксированные в молекулах воды органические и неорганические вещества, бактерий, а также присутствующие в среде ферменты [2, 3].

В Каспийском море детрит не имеет существенного трофического значения для промысловых рыб, поэтому в 30-е г. XX в. были проведены широкомасштабные работы по интродукции молоди трех видов азово-черноморского вида кефалей (лобан, сингиль, остронос). Самопроизводящуюся популяцию в море составили остронос и сингиль, которые в настоящее время имеют промысловое значение. В работах [4, 5] В. Ю. Марти и Т. С. Расс отмечали, что интродуцирование сингиля в Каспийское море будет решением вопроса использования пастбищ для питания, которые мало популярны у других промысловых рыб. Каспийское море позволяет кефали найти оптимальные условия для существования популяции и ее активного размножения, поддержания стабильной численности, т. к. море соответствует необходимым составом источников получения питания, которое состоит из детрита, перифитона, мелких бентосных организмов [1].

### Материалы и методы

В весенний период 2020–2023 гг. в средней части Каспийского моря был отобран ихтиологический материал популяции кефали. В уловах встречался только один вид – сингиль (*Liza aurata*, Risso, 1810). Биологическому анализу было подвергнуто 178 экземпляров сингиля, работа включала измерение промысловой длины, массы тела, установление пола и стадии зрелости гонад. Биологический анализ сингиля осуществлялся по общепринятой методике И. Ф. Правдина [6].

Работа по определению химических элементов в мышечной ткани кефали выполнена на базе кафедры «Гидробиология и общая экология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Определение железа, хрома, меди, свинца, никеля, кобальта, кадмия, марганца и цинка проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с ГОСТ 30178-96 [7]. В работе использовали атомно-абсорбционный спектрофотометр Hitachi 180-50. Статистическую обработку данных осуществляли, используя программный продукт Microsoft Office Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

Согласно исследованиям Е. Б. Куликовой [8], С. Н. Пробатова [9], А. И. Хорошко [10], черноморская форма кефали отстает по абсолютной длине и массе от сингиля в Каспийском море. Наше исследование линейно-весовых показателей сингиля соответствует этим результатам (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

#### Линейно-весовые показатели сингиля (*Liza aurata*, Risso, 1810) в Каспийском и Черном морях

#### Linear weight indices of the singile (*Liza aurata*, Risso, 1810) in the Caspian and Black Seas

Возрастная группа, лет	Каспийское море, средняя часть (2020–2023 гг., наши данные)		Каспийское море, (туркменское побережье) [10]		Черное море, северо-восточная часть [11]
	Абсолютная длина, см	Масса, кг	Абсолютная длина, см	Масса, кг	Абсолютная длина, см
2	24	0,260	20,8	0,225	15,7
3	32	0,409	28,1	0,510	19,7
4	34	0,489	32,9	0,661	23,4
5	36	0,658	36,3	0,912	26,4
6	39	0,737	40,1	1,147	29,4
7	40	0,875	43,1	1,315	32,9
8	41	1,010	45,5	1,613	36,1
9	42	1,045	47,1	2,080	39,3
10	45	1,125	50,5	2,278	41,2

Для сравнения в наших данных объединены средние значения линейно-весовых показателей самцов и самок.

В исследовании участвовало 9 возрастных гене-

раций от двух- до десятигодовиков. Средний возраст жизненного цикла кефали составлял 5,9 лет. Превалировали четырех- и пятигодовики. Биологическая характеристика исследуемых особей кефали в Каспийском море представлена в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Биологическая характеристика сингиля (*Liza aurata*, Risso, 1810) в Каспийском море (2020–2023 гг.)

Biological characteristics of the singyle (*Liza aurata*, Risso, 1810) in the Caspian Sea (2020-2023)

Самки				Самцы			
Возрастная группа	Количество, шт.	Абсолютная длина, см	Масса, кг	Возрастная группа	Количество, шт.	Абсолютная длина, см	Масса, кг
2	12	25 ± 0,7	0,303 ± 0,09	2	3	23 ± 0,8	0,216 ± 0,10
3	18	33 ± 1,7	0,462 ± 0,20	3	6	31 ± 1,2	0,355 ± 0,04
4	25	34 ± 1,5	0,478 ± 0,12	4	9	33 ± 1,6	0,500 ± 0,10
5	22	37 ± 1,3	0,700 ± 0,09	5	8	35 ± 1,1	0,616 ± 0,17
6	19	39 ± 1,5	0,800 ± 0,10	6	6	38 ± 1,4	0,675 ± 0,12
7	14	41 ± 1,4	0,865 ± 0,20	7	5	40 ± 1,9	0,885 ± 0,18
8	11	42 ± 1,7	1,060 ± 0,18	8	4	40 ± 1,9	0,960 ± 0,15
9	8	43 ± 1,3	1,045 ± 0,20	9	3	40 ± 1,9	0,970 ± 0,17
10	5	45 ± 0,9	1,125 ± 0,16	10	–		

Микроэлементы проникают в организм рыб под влиянием геохимического фона среды, что является индикатором степени природно-техногенных гидрохимических аномалий [12]. Антропогенная нагрузка тесно связана с накоплением микроэлементов, которые являются биологически активными веществами и влияют на организм гидробионтов. Темп аккумуляции элементов сопоставим с темпом метаболизма, который зависит от возраста и веса [13]. На функционирование организма оказывают влияние различные факторы, в том числе и микроэлементы, которые в больших концентрациях оказывают негативное влияние [14]. Рыбы с помощью механизма константности владеют способностью регулировать уровень микроэлементов в своих органах и тканях [15].

Большую часть организма рыбы составляет мышечная ткань. Тяжелые металлы попадают в молекулы мышечной ткани посредством серного мостика, в процессе синтеза специфических белков [16, 17].

В ходе исследования были выявлены биологические особенности накопления микроэлементов в мышечной ткани кефали Каспийского моря.

Согласно полученным данным накопление железа у самок и самцов сингиля имеет сходную динамику. С возрастом накопление железа более выражено у самок. Отмечена максимальная концентрация у самок-десятигодовиков ( $93,13 \pm 3,7$  мг/кг сухого вещества), у самцов-девятигодовиков ( $62,13 \pm 2,4$  мг/кг сухого вещества). В общем среднее содержание железа, по сравнению с другими микроэлементами, имеет высокие значения, что показывает его активное накопление в мышечной ткани сингиля (рис. 1).

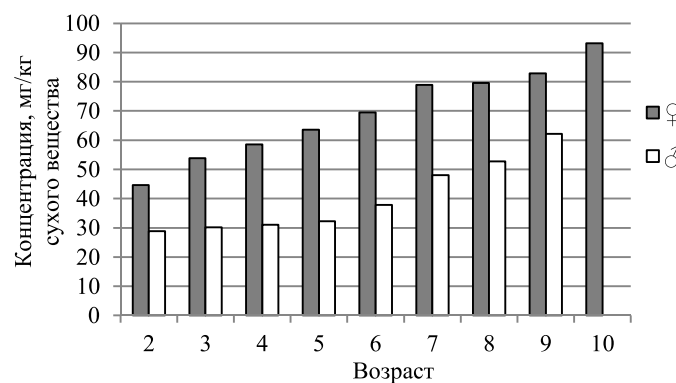


Рис. 1. Среднее значение содержания железа в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 1. The average value of the iron content in the muscle tissue of singyle females and males

Детальный разбор полученных данных показал, что аккумуляция цинка в мышечной ткани сингиля не происходит. Четырехгодовики самок накапливают цинка в средней концентрации  $50,4 \pm 2,1$  мг/кг

сухого вещества, а самцы  $49,3 \pm 1,8$  мг/кг сухого вещества, т. е. половых различий в накоплении цинка в мышечной ткани у сингиля не выявлено (рис. 2).

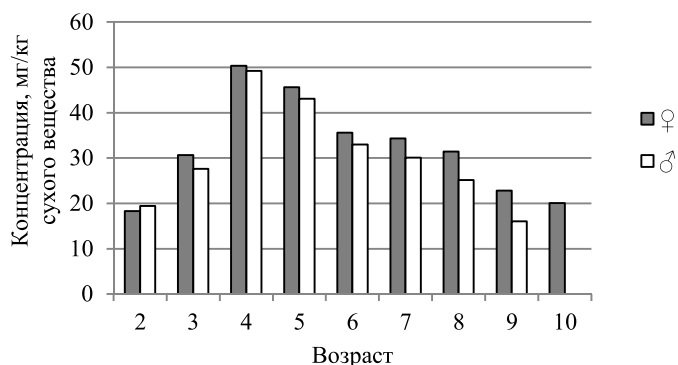


Рис. 2. Среднее значение содержания цинка в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 2. The average zinc content in the muscle tissue of single females and males

Наибольшее количество меди выявлено у семи- годовиков самок и самцов сингиля ( $2,91 \pm 0,8$  и  $3,10 \pm 1,1$  мг/кг сухого вещества соответственно). Минимальная концентрация данного металла у двух-

годовиков составляла  $0,79 \pm 0,3$  и  $0,98 \pm 0,4$  мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно. Уровень содержания меди в мышечной ткани выше у самок, чем у самцов (рис. 3).

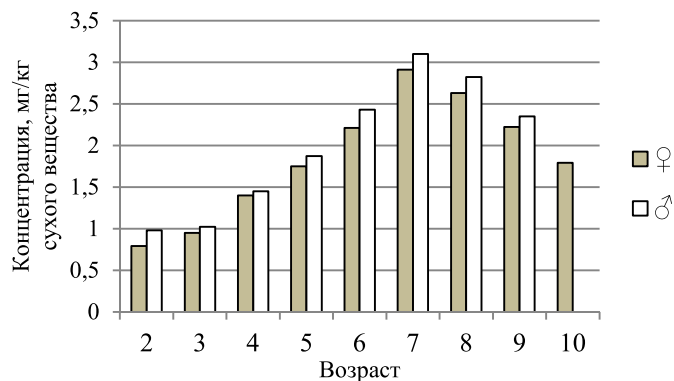


Рис. 3. Среднее значение содержания меди в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 3. The average value of copper content in the muscle tissue of single females and males

Максимальное количество кадмия было обнаружено у девятигодовиков сингиля ( $0,35 \pm 0,03$  и  $0,41 \pm 0,04$  мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно), при этом концентрация элемента в мышцах самцов выше, чем у самок. Полу-

ченные данные показывают, что кадмий с увеличением возраста рыб имеет тенденцию к накоплению в мышечной ткани, что может привести к нарушению окислительных процессов в организме кефали (рис. 4).

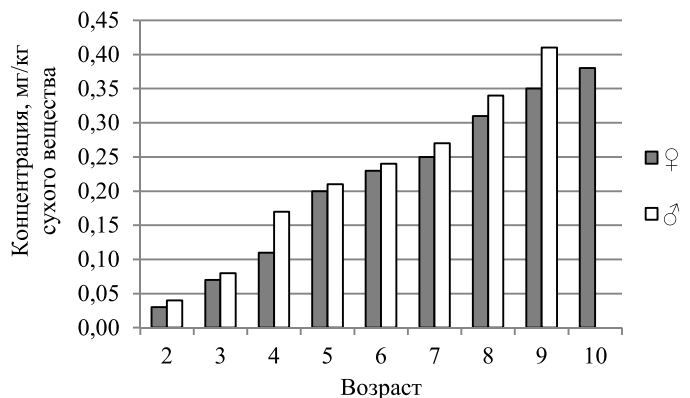


Рис. 4. Среднее значение содержания кадмия в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 4. The average value of cadmium content in the muscle tissue of single females and males

Хром аккумулировали в большей степени семигодовики ( $0,32 \pm 0,06$  и  $0,20 \pm 0,04$  мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). Сле-

дует отметить, что концентрация хрома в мышечной ткани у самок сингиля выше, чем у самцов (рис. 5).

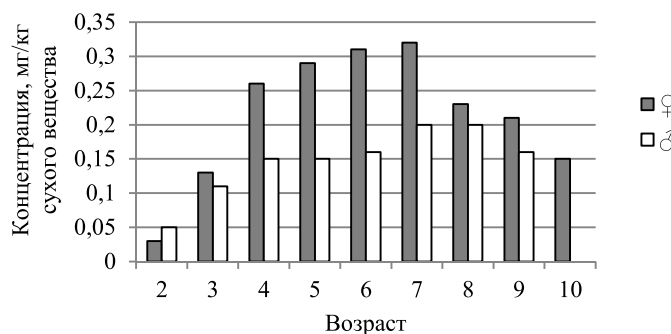


Рис. 5. Среднее значение содержания хрома в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 5. The average value of chromium content in the muscle tissue of single females and males

Высокая концентрация никеля отмечалась у самцов-трехгодовиков и составляла  $0,17 \pm 0,03$  мг/кг сухого вещества. У самок максимальная кумуляция прослеживалась в возрастной группе 4-х лет –  $0,15 \pm 0,02$  мг/кг сухого вещества. Низкая концентрация

никеля у самок и самцов сингиля наблюдалась у двухгодовиков ( $0,10 \pm 0,01$  и  $0,11 \pm 0,01$  мг/кг сухого вещества соответственно). Следует отметить, что никель у исследуемых экземпляров кефали не накапливался с возрастом (рис. 6).

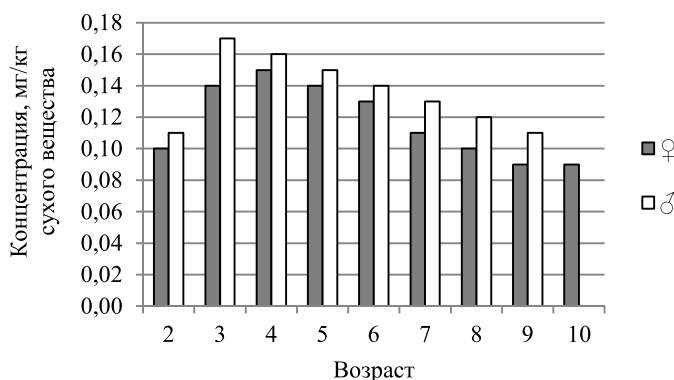


Рис. 6. Среднее значение содержания никеля в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 6. The average value of nickel content in the muscle tissue of single females and males

Содержание кобальта в мышечной ткани сингиля имело одинаковую концентрацию у исследуемых возрастных групп самок и самцов и составляло  $0,01$  мг/кг сухого вещества. Кобальт и никель являются компонентами нескольких ферментов, поэтому предполагается, что в биологическом действии

они взаимозаместимы. Концентрация никеля в органах и тканях организмов выше, чем концентрация кобальта [4]. В наших данных прослеживается аналогичная динамика концентрации и распределения кобальта в мышечной ткани кефали (рис. 7).

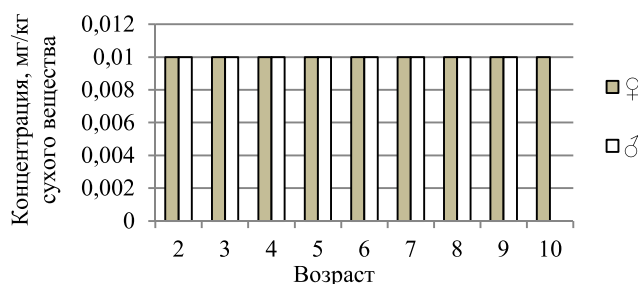


Рис. 7. Среднее значение содержания кобальта в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 7. The average value of cobalt content in the muscle tissue of single females and males

Наибольшее содержание марганца в организме сингиля выявлено у пятигодовиков ( $0,55 \pm 0,1$  и  $0,56 \pm 0,1$  мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). Содержание марганца более выражено

у самцов кефали во всех возрастных группах, выявленные различия в значениях концентрации марганца в мышечной ткани не достоверны ( $p > 0,05$ ) (рис. 8).

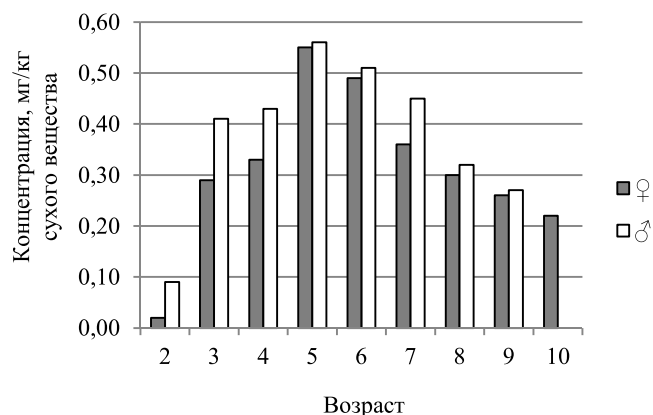


Рис. 8. Среднее значение содержания марганца в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 8. The average value of manganese content in the muscle tissue of single females and males

В мышечной ткани самок и самцов сингиля максимальные значения накопления свинца зафиксированы у пятигодовиков ( $1,57 \pm 0,11$  и  $1,61 \pm 0,11$  мг/кг сухого вещества соответственно). Содержание свинца более выражено у самцов кефали

во всех возрастных группах. Кумулятивные особенности свинца в мышечной ткани сингиля возрастают у пятигодовиков, в пик их репродуктивной активности. Начиная с шестигодовиков данная тенденция идет на спад (рис. 9).

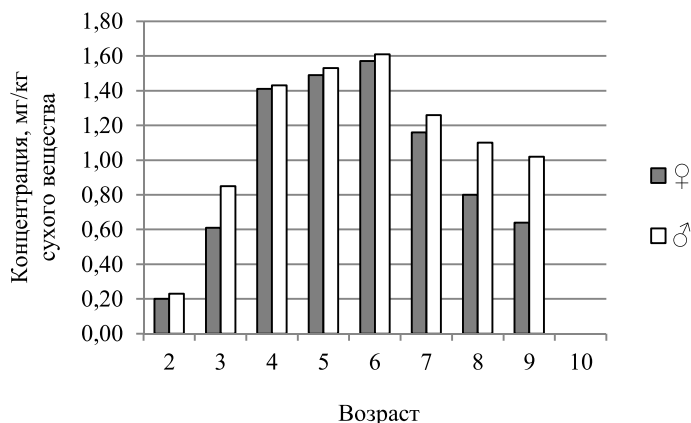


Рис. 9. Среднее значение содержания свинца в мышечной ткани самок и самцов сингиля

Fig. 9. The average value of lead content in the muscle tissue of single females and males

Различия в накоплении микроэлементов у самок и самцов обусловлено биологическими особенностями и репродуктивными потребностями рыб сингиля. Для обеспечения успешного оплодотворения икры самцы накапливают Cu, Cd, Ni, Co, Mn, Pb в больших количествах, чем самки. А у самок прослеживается активное накопление Fe, Zn, Cr, что, скорее всего, связано с активным ростом половых клеток.

### Закключение

Кефаль является организм-интродуцентом Каспийского моря. Кормовая база кефали состоит

в основном из детрита, который слабо используется другими промысловыми рыбами. Полученные нами данные линейно-весовых показателей сингиля Каспийского моря превосходят данные черноморской формы в росте и весе, что соответствует ранее полученным исследованиям других ученых. В исследованной популяции кефали 75 % составляли самки и 25 % самцы. В ходе проведенного исследования выявлены особенности аккумуляции Fe, Zn, Cu, Cd, Cr, Ni, Co, Mn, Pb мышечной тканью самок и самцов сингиля. Установлено, что значения содержания микроэлементов у самок и самцов различны. Показано, что среднее содер-

жание Fe, Cd с возрастом увеличивается. Концентрация Zn у четырехгодовиков больше, чем в других возрастных группах. Наибольшее содержание Cu, Cr выявлено у семигодовиков. У самцов сингиля максимальными значениями Ni отличались трехгодовики, у самок четырехгодовики. Содержание Co в мышечной ткани сингиля имело одинаковую концентрацию у исследуемых возрастных

групп самок и самцов. Показано, что накопление Mn пятигодовиками выше, чем другими возрастными группами, а среднее содержание Pb выше у шестигодовиков. Преобладание данных элементов связано с определенной фазой онтогенеза рыб, потребность в данных элементах возрастает в период активного репродуктивного периода.

#### Список источников

1. Иванов В. П., Комарова Г. В. Рыбы Каспийского моря. Астрахань: АГТУ, 2008. 223 с.
2. Садчиков А. П., Котелевцев С. В., Остроумов С. А. Исследование количественных характеристик детрита в водных экосистемах // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2020. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kolichestvennyh-harakteristik-detrita-v-vodnyh-ekosistemah> (дата обращения: 04.08.2025).
3. Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высш. шк., 1960. 544 с.
4. Марти В. Ю. О видовом составе кефали в Каспийском море // Рыбное хозяйство. 1940. № 1. С. 31.
5. Расс Т. С. Рыбные ресурсы европейских морей СССР и возможности их пополнения акклиматизацией. М.: Наука, 1965. 107 с.
6. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
7. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.
8. Куликова Е. Б. Промысел кефали на Каспийском море // Рыбное хозяйство. 1938. № 3. С. 3–4.
9. Пробатов С. Н. Теоретическое значение и практические результаты акклиматизации кефали в Каспийском море // Биологические основы рыбного хозяйства.

- Томск: Изд-во Том. ун-та, 1959. С. 301–308.
10. Хорошко А. И. Биологические особенности кефалей, акклиматизированных в Каспийском море // Основные направления и перспективы рыбоводства в Каспийском и Азовском бассейнах. М.: ВНИРО, 1980. С. 56–65.
11. Томазо Г. И. Кефали северо-восточной части Черного моря // Тр. Новорос. биол. ст. 1940. Т. 11. Вып. 3. С. 226–231.
12. Thomson J. M. The Mugilidae of the world // Mem. Queensland. Mus. 1997. V. 41. P. 457–562.
13. Ермаков В. В., Тютиков С. Ф. Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 315 с.
14. Bryan G. W. Heavy metal contamination in the sea // Marine pollution. Amsterdam: Elsevier, 1976. P. 185–302.
15. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашкина Н. А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
16. Зубкова В. М., Болотов В. П., Белозубова Н. Ю. Содержание и миграция тяжелых металлов в компонентах экосистем Волгоградского водохранилища // Аграрная наука. 2015. № 1. С. 14–16.
17. Гаврилова Д. А., Абдусаматов А. С., Дубовская А. В., Таилов П. С. Современное состояние репродуктивной системы кефали сингиля (*Liza aurata*, Risso) в западной части Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 1. С. 44–53.

#### References

1. Ivanov V. P., Komarova G. V. *Ryby Kaspiskogo morya* [Fishes of the Caspian Sea]. Astrahan', AGTU, 2008. 223 p.
2. Sadchikov A. P., Kotelevcev S. V., Ostroumov S. A. Issledovanie kolichestvennykh harakteristik detrita v vodnykh ekosistemah [Investigation of quantitative characteristics of detritus in aquatic ecosystems]. *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ekologii*, 2020, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kolichestvennyh-harakteristik-detrita-v-vodnyh-ekosistemah> (accessed: 04.08.2025).
3. Vojnar A. I. *Biologicheskaya rol' mikroelementov v organizme zhivotnyh i cheloveka* [The biological role of trace elements in the body of animals and humans]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1960. 544 p.
4. Marti V. Yu. O vidovom sostave kefali v Kaspiskom more [About the species composition of mullet in the Caspian Sea]. *Rybnoe hozyajstvo*, 1940, no. 1, p. 31.
5. Rass T. S. *Rybnye resursy evropejskih morej SSSR i vozmozhnosti ih popolneniya akklimatizaciej* [Fish resources of the European seas of the USSR and the possibility of their replenishment by acclimatization]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 107 p.

6. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Fish Study Guide]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.
7. GOST 30178-96. *Syr'e i produkty pishchevye. Atomno-absorbciionnyj metod opredeleniya toksichnyh elementov* [Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 8 p.
8. Kulikova E. B. *Promysel kefali na Kaspiskom more* [Mullet fishing in the Caspian Sea]. *Rybnoe hozyajstvo*, 1938, no. 3, pp. 3–4.
9. Probatov S. N. *Teoreticheskoe znachenie i prakticheskie rezul'taty akklimatizacii kefali v Kaspiskom more* [Theoretical significance and practical results of mullet acclimatization in the Caspian Sea]. *Biologicheskije osnovy rybnogo hozyajstva*. Tomsk, Izd-vo Tom. un-ta, 1959. Pp. 301–308.
10. Horoshko A. I. *Biologicheskije osobennosti kefalej, akklimatizirovannyh v Kaspiskom more* [Biological features of mullets acclimatized in the Caspian Sea]. *Osnovnye napravleniya i perspektivy rybovodstva v Kaspiskom i Azovskom bassejnah*. Moscow, VNIRO, 1980. Pp. 56–65.

11. Tomazo G. I. Kefali severo-vostochnoj chasti Chernogo morya [Mulletts of the northeastern part of the Black Sea]. *Trudy Novorossijskoj biologicheskoj stancii*, 1940, vol. 11, iss. 3, pp. 226-231.

12. Thomson J. M. The Mugilidae of the world. *Mem. Queensland. Mus.*, 1997, vol. 41, pp. 457-562.

13. Ermakov V. V., Tyutikov S. F. *Geohimicheskaya ekologiya zhivotnyh* [Geochemical ecology of animals]. Moscow, Nauka Publ., 2008. 315 p.

14. Bryan G. W. Heavy metal contamination in the sea. *Marine pollution*. Amsterdam, Elsevier, 1976. Pp. 185-302.

15. Moiseenko T. I., Kudryavceva L. P., Gashkina N. A. *Rasseyannye elementy v poverhnostnyh vodah sushi: tekhnofil'nost', bioakkumulyaciya i ekotoksikologiya* [Dispersed elements in land surface waters: technophilicity, bioaccumula-

tion, and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 261 p.

16. Zubkova V. M., Bolotov V. P., Belozubova N. Yu. Soderzhanie i migraciya tyazhelyh metallov v komponentah ekosistem Volgogradskogo vodohranilishcha [The content and migration of heavy metals in the components of the Volgograd reservoir ecosystems]. *Agrarnaya nauka*, 2015, no. 1, pp. 14-16.

17. Gavrilova D. A., Abdusamadov A. S., Dubovskaya A. V., Taibov P. S. *Sovremennoe sostoyanie reproductivnoj sistemy kefali singilya (Liza aurata, Risso) v zapadnoj chasti Kaspijskogo morya* [The current state of the reproductive system of the Single mullet (*Liza aurata*, Risso) in the western Caspian Sea]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 44-53.

Статья поступила в редакцию 12.08.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; принята к публикации 01.06.2026  
The article was submitted 12.08.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 01.06.2026

### Информация об авторах / Information about the authors

**Анастасия Сергеевна Гуринович** – преподаватель факультета среднего профессионального образования; Астраханский государственный технический университет; Gurinovich\_AS@mail.ru

**Anastasia S. Gurinovich** – Lecturer of the Faculty of Secondary Vocational Education; Astrakhan State Technical University; Gurinovich\_AS@mail.ru

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

**Татьяна Сергеевна Ершова** – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; ershova\_ts@mail.ru

**Tatyana S. Ershova** – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; ershova\_ts@mail.ru

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

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

