



Элементарный состав некоторых видов рыб семейства Gobidae, как кормовых организмов каспийского тюленя (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788)

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-6-45-53>

Научная статья
УДК 597.583.1.152.6 (268.81)

Чаплыгина Юлия Александровна – аспирант, ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Москва, Россия
E-mail: www.julia1904@mail.ru

Чаплыгин Владимир Александрович – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Гидробиология и общая экология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
E-mail: i@vchap.ru

Ершова Татьяна Сергеевна – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Гидробиология и общая экология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
E-mail: ershova_ts@mail.ru

Зайцев Вячеслав Федорович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидробиология и общая экология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
E-mail: viacheslav-zaitsev@yandex.ru

Адреса:

1. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО») – Россия, 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19
2. Астраханский государственный технический университет – Россия, 414056, Астрахань, Татищева 16

Аннотация. В северной части Каспийского моря бычковые виды относятся к многочисленным популяциям рыб и являются объектами питания каспийского тюленя единственного млекопитающего Каспийского моря. Рассмотрение микроэлементного состава основных составляющих пищевого рациона каспийского тюленя позволит лучше оценить миграцию микроэлементов в трофических цепях и их накопление в организме млекопитающего. Кроме того, по мнению С.А. Гуцуляк и Л.М. Васильевой [6] в условиях активной разработки нефтегазоносных месторождений бычковые, не совершающие по протяженности длительные миграции, могут выступать в качестве биоиндикатора, характеризующего экологическую обстановку в предполагаемых районах добычи нефти. Цель работы – выявить видовые особенности накопления тяжелых металлов в рыбах семейства Gobiidae как кормовых организмов каспийского тюленя. В объектах исследования выявлено превышение допустимых остаточных концентраций Mn, Co, Pb и Cd. Отмечено, что *Benthophilus macrocephalus* по сравнению с другими представителями семейства Gobiidae являлся аккумулятором большинства химических элементов (Mn, Pb и Cd), а *Neogobius melanostomus* – Cu и Cr. Исследованные виды кормовых организмов способны влиять на степень накопления тяжелых металлов организмом каспийского тюленя.

Ключевые слова: тяжелые металлы, аккумуляция, пуголовка, бычок песочник, бычок кругляк, бычок хвалынский, каспийский тюлень, Каспийское море

Для цитирования: Чаплыгина Ю.А., Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Элементарный состав некоторых видов рыб семейства Gobidae, как кормовых организмов каспийского тюленя (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // Рыбное хозяйство. 2024. № 6. С. 45-53.
<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-6-45-53>

THE ELEMENTARY COMPOSITION OF SOME SPECIES OF FISH OF THE GOBIDAE FAMILY AS FORAGE ORGANISMS OF THE CASPIAN SEAL (*PHOCA CASPICA*, GMELIN, 1788)

Yulia A. Chaplygina – Postgraduate student, VNIRO Federal State Budgetary Educational Institution, Moscow, Russia

Vladimir A. Chaplygin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Tatyana S. Ershova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

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

Addresses:

1. Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FGBNU VNIRO) – Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

2. Astrakhan State Technical University – Russia, 414056, Astrakhan, Tatishcheva 16

Annotation. In the northern part of the Caspian Sea, bullhead species belong to numerous fish populations and are food items for the Caspian seal, the only mammal of the Caspian Sea. Consideration of the trace element composition of the main components of the Caspian seal's diet will allow for a better assessment of the migration of trace elements in trophic chains and their accumulation in the mammalian body. In addition, according to S.A. Gutsulyak and L.M. Vasilyeva [6] in the conditions of active development of oil and gas fields, bychkovye, which do not make long-term migrations, can act as a bioindicator characterizing the environmental situation in the proposed oil production areas. The aim of the work is to identify the specific features of the accumulation of heavy metals in fish of the Gobiidae family as forage organisms of the Caspian seal. The excess of permissible residual concentrations of Mn, Co, Pb and Cd was revealed in the objects of the study. It was noted that *Benthophilus macrocephalus*, in comparison with other representatives of the Gobiidae family, was the accumulator of most chemical elements (Mn, Pb and Cd), and *Neogobius melanostomus* was Cu and Cr. The studied species of forage organisms are able to influence the degree of accumulation of heavy metals by the body of the Caspian seal.

Keywords: heavy metals, accumulation, pugolovka, sand goby, round goby, Khvalynsky goby, Caspian seal, Caspian Sea

For citation: Chaplygina Yu.A., Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F. (2024).

The elementary composition of some species of fish of the family Gobiidae as forage organisms of the Caspian seal (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // Fisheries. № 6. Pp. 45-53. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-6-45-53>

Таблицы составлены авторами / The tables are compiled by the authors

Рисунки – авторские / The drawings were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Каспийский тюлень, как вершина трофических цепей экосистемы Каспийского моря, рассматривался в работах Б.И. Бадамшина [1], Д.Б. Рагимова [3] и Л.С. Хураськина [7]. Бычковые имеют первостепенное значение в питании каспийского тюленя. По данным Н.А. Захаровой [8] и Л.С. Хураськина [7], их доля в пищевом комке млекопитающего достигает 24%, а по данным Б.И. Бадамшина [1; 2] может достигать 90% общей массы пищи. Согласно исследованиям Д.Б. Рагимова [3], каспийский тюлень питается бычками почти во все сезоны. При этом, по мнению

автора, зимой он чаще всего питается бычками в северо-восточном районе Каспия, где прибрежные и относительно прибрежные виды бычковых скапливаются для зимовки в ямах вокруг многочисленных островов. В питании тюленя больше всего встречаются: бычок кругляк, бычок хвалынский, глубоководный бычок, песочник, большеголовая пуголовка, пуголовка Бэра [3].

В северной части Каспийского моря бычковые виды относятся к многочисленным популяциям рыб. Здесь распространены преимущественно прибрежные и относительно прибрежные виды бычковых (бычок-песочник,

Бычок песочник *Neogobius fluviatilis*Бычок кругляк *Neogobius melanostomus*Бычок хвалынский *Neogobius caspius*Пуголовка *Benthophilus macrocephalus*

кругляк, бычок Берга, большеголовая пуголовка и т.д.) [3]. При этом основную долю от общей численности бычковых в Северном Каспии составляет *Neogobius fluviatilis* (90-93%), на втором месте *Neogobius melanostomus* (4,8%) [5]. Согласно классификации Б.Д. Рагимова [3], бычок кругляк относится к широко распространенным и массовым видам, бычок песочник – к широко

распространенным и довольно многочисленным видам, большеголовая пуголовка – к широко распространенным малочисленным видам и бычок хвалынский – к многочисленным видам со средней величиной ареала.

Существует определенная связь между микроэлементным составом организмов и условиями среды их обитания [9-11]. Химические

элементы, необходимые в строго определенных количествах, входя в состав биологически активных веществ, играют большую роль в метаболизме рыб, но, достигая высоких концентраций, превращаются в тяжелые металлы, обладая токсическими свойствами [10; 12-14]. Металлы, включаясь в биогеохимический цикл водной экосистемы, способны аккумулировать

ся в гидробионтах различных экологических групп [14-16].

При этом бентосные организмы, являясь важными звеньями в пищевых цепях водоемов, играют огромную роль в концентрации и био-генной миграции микроэлементов [15-16].

Рассмотрение микроэлементного состава основных компонентов пищевого рациона каспийского тюленя позволит лучше оценить миграцию химических элементов в трофических цепях и их накопление в организме млекопитающего. Кроме того, в условиях активной разработки нефтегазоносных месторождений, бычковые, не совершающие по протяженности длительные миграции, могут выступать в качестве биоиндикатора, характеризующего экологическую обстановку в предполагаемых районах добычи нефти [5-6].

На основании вышесказанного, целью данного исследования являлась оценка микроэлементного состава некоторых видов рыб семейства Gobiidae, обитающих в Каспийском море, являющихся кормовыми объектами каспийского тюленя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе кафедры «Гидробиология и общая экология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Объектами исследования взяты виды рыб семейства Gobiidae (пугловка *Benthophilus macrocephalus*, Pallas, 1787), бычок кругляк (*Neogobius melanostomus*, Pallas, 1814) бычок песочник (*Neogobius fluviatilis*, Pallas, 1814), бычок хвалынский (*Neogobius caspius*, Eichwald, 1831), выловленные в северной и средней частях Каспийского моря во время различных экспедиций. Чтобы оценить их влияние на микроэлементный статус каспийского тюленя, для исследования брали рыб целиком, не изымая пищеварительный тракт.

Для оценки миграции химических элементов в системе рыбы семейства бычковые – каспийский тюлень (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788), наиболее информативным показателем является содержание химических элементов в печени каспийского тюленя. В связи с этим в качестве объекта исследования использовали печень, так как химические элементы попадают в организм млекопитающего алиментарным путем. Образцы проб печени каспийского тюленя получены от павших животных на побережье республики Дагестан. Определение химических элементов в печени погибших тюленей выполняли на кафедре «Гидробиология и общая экология» АГТУ, а также на базе Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета.

Определение концентрации химических элементов в объектах исследования проводилось ме-

тодом атомно-абсорбционной спектрометрии [17-18], согласно методикам ПНД Ф 14.1:2:4.214-06, ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 и ГОСТ 30178-96. Концентрацию химических элементов выражали в мг/кг сухого вещества. Результаты исследования обработаны статистически при помощи программного продукта Microsoft® Excel™. При обработке полученного материала использованы следующие статистические показатели: определение средней арифметической (M) и стандартное отклонение (S), оценка достоверности различий по t -критерию Стьюдента, с учетом уровня значимости (p), рассчитанного для двух сравниваемых значений. Достоверными считали различия между двумя сравниваемыми массивами данных, если уровень значимости был менее 0,05 ($p < 0,05$) [27-30].

Для оценки миграционной способности химических элементов в пищевых цепях каспийского тюленя производили расчет коэффициентов накопления металлов относительно их содержания в печени млекопитающего:

$$K_n = C_i / C,$$

где: C – содержание химического элемента печени *Phoca caspica*;

C_i – содержание химического элемента в представителях семейства Gobiidae.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнивая содержание Cu, Mn, Ni, Cr и Pb в представителях рода *Neogobius*, следует отметить, что эти концентрации не превышали 10 мг/кг сухого вещества.

На рисунке 1 представлены выявленные концентрации химических элементов в представителях семейства Gobiidae.

Уровень меди напрямую зависит от видовой принадлежности гидробионтов и количества этого элемента в донных отложениях и воде [11]. Медь – незаменимый микроэлемент, необходимый для нормальной жизнедеятельности организмов, поэтому относится к истинным биоэлементам [10; 19]. Входит в состав многих металлоэнзимов и является активатором ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции, гидролитические процессы в организме. Она участвует в процессах тканевого дыхания, кроветворения, минерального и азотного обмена, воспроизводительной функции, благотворно влияет на рост животных [10; 13; 15]. Биологическая роль меди в процессах тканевого дыхания доказывается выделением окислительных ферментов, содержащих медь в качестве специфического металлокомпонента. При этом в организм рыб преимущественно проникает ионная форма меди [13].

Среди представителей семейства Gobiidae наибольшее содержание меди выявлено в *Neogobius melanostomus* ($8,6 \pm 0,3$ мг/кг сухого вещества), далее по убыванию – в *Benthophilus macrocephalus* ($6,62 \pm 0,36$ мг/кг сухого вещества), а наименьшее количество химического элемента обнаружено в *Neogobius caspius* ($3,98 \pm 0,55$ мг/кг сухого вещества) [4; 16; 20]. Концентрация меди в указанных видах рыб ниже допустимой остаточной концентрации (10 мг/кг).

Марганец является элементом с высокой биологической активностью [10]. Он оказывает значительное влияние на рост, размножение, кроветворение и обмен веществ, участвует в биологическом катализе и стимулирует белковый, углеводный и жировой обмены рыб [10; 13; 19]. Ассимилированный марганец поступает в кровоток и попадает в печень, которую можно считать основным органом, задерживающим марганец. Большое количество марганца содержится в митохондриях клеток, особенно в гепатоцитах. Отложение марганца в печени имеет большое значение, так как за счет этих резервов в печени поддерживается постоянный уровень его в крови и осуществляется снабжение марганцем других органов [10; 19].

Среди исследованных видов рыб семейства бычковые Gobiidae максимальное содержание марганца обнаружено в *Benthophilus macrocephalus* – $23,83 \pm 1,7$ мг/кг сухого вещества, что выше таковых показателей у представителей рода *Neogobius* [4; 16; 20]. Так, у бычка песочника *Neogobius fluviatilis*, бычка хвальныйского *Neogobius caspius* и бычка кругляка *Neogobius melanostomus* концентрация марганца ниже, чем в пуголовке в 2, 8 и 10 раз, соответственно. По сравнению с изученными бентосными рыбами минимальный уровень концентрации элемента обнаружен у бычка кругляка *Neogobius melanostomus* ($2,1 \pm 0,3$ мг/кг). Сравнивая полученные концентрации с нормативными значениями (10 мг/кг), в случае с бычком песочником и пуголовкой показано превышение соответствующих нормируемых величин в 1,4 и 2,5 раза. Содержание марганца в бычке хвальныйском и в бычке кругляке ниже значения ДОК.

Никель концентрируется в органах и тканях, где происходят интенсивные обменные процессы и, прежде всего, в печени [10; 13]. Соединения никеля являются катализаторами кроветворных процессов, но высокие концентрации этого металла специфически влияют на сердечно-сосудистую систему [10]. При этом он обладает канцерогенными, гонадотоксичными и эмбриотоксичными свойствами. Кроме того, никель обладает кумулятивными свойствами. При высоких уровнях содержания он влияет на детоксикационную активность печени [13]. По сравнению с другими

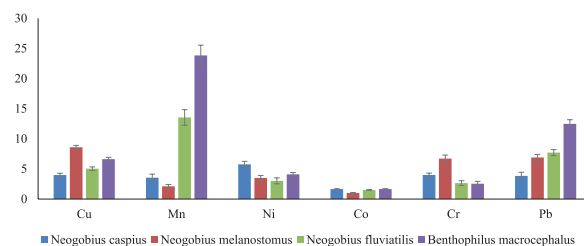


Рисунок 1. Содержание химических элементов в рыбах семейства Gobiidae Каспийского моря, мг/кг сухого вещества

Figure 1. The content of chemical elements in fish of the Gobiidae family of the Caspian Sea, mg/kg of dry matter

исследованными видами рыб содержание никеля в бычке хвальныйском наибольшее ($5,76 \pm 0,5$ мг/кг сухого вещества). Выявленные отличия в концентрациях никеля в бычке кругляке и бычке песочнике не достоверны ($p > 0,05$) и составляют $3,5 \pm 0,4$ и $3,02 \pm 0,2$ мг/кг сухого вещества.

Кобальт является многофункциональным металлом, жизненно необходимым элементом для рыб, несмотря на его очень низкое содержание в растительных и животных организмах [10]. Он способствует синтезу гемоглобина в эритроцитах, синтезу мышечных белков, а также участвует в углеводном обмене. Это связано с тем, что кобальт входит в состав гормонов, витаминов (B12), участвующих во многих метаболических процессах, влияя на белковый обмен, процессы кроветворения и продуктивность организмов [10; 11]. Он способен аккумулироваться в организме и оказывать токсическое воздействие на рыб [13]. Кобальт всасывается в кровь и поступает в печень, где задерживается в значительных количествах, а остальная часть разносится кровью по тканям и органам [10; 14; 19].

Концентрации кобальта в исследованных представителях семейства Gobiidae находились примерно на одном уровне и выявленные различия недостоверны ($p > 0,05$) [4; 16; 20]. В то же время в рыбах отмечено превышение величины допустимой остаточной концентрации в 3 раза.

Хром является биологически активным элементом, участвующим в углеводном и липидном обмене веществ, стимулирует биосинтез гликогена и белка [26].

В организме бычка кругляка отмечено наибольшее количество хрома ($6,7 \pm 0,6$ мг/кг сухого вещества), далее по убыванию располагались бычки, концентрация которых составляла $4 \pm 0,3$ мг/кг сухого вещества. Наименьшим содержанием хрома отличились бычок песочник и пуголовка, причем концентрации в них достоверно не различались ($p > 0,05$).

По мнению А.Р. Исуева с соавторами [25], свинец легко проникает в организм, концентрируясь в почках и печени. Свинец, влияя на ферментативные процессы рыб, является постоянной нормальной составной частью их органов и тканей [10]. В организме рыб этот микроэлемент накапливается незначительно, так как малые дозы свинца необходимы для нормальной жизнедеятельности рыб [10; 21]. При этом, свинец способен аккумулироваться в организме гидробионтов, приводя к повреждению клеток организма [22].

Среди исследованных видов рыб максимальное количество свинца обнаружено в *Benthophilus macrocephalus* и составляло $12,47 \pm 0,2$ мг/кг сухого вещества. В то же время *Neogobius fluviatilis* и *Neogobius melanostomus* аккумулировали данный металл ниже в 1,6 раза, а *Neogobius caspius* более чем в 3 раза [4; 16; 20]. Показано, что выявленные концентрации свинца в исследованных объектах превышали нормативное значение (1 мг/кг). Так, концентрация свинца в *Neogobius caspius* составляла 4 ДОК, в *Neogobius fluviatilis* и *Neogobius melanostomus* – 8 ДОК, а в *Benthophilus macrocephalus* – 13 ДОК.

Кадмий является постоянным химическим элементом организма рыб. Накапливаясь в тканях внутренних органов, его аккумуляция происходит преимущественно в жабрах, печени и почках, где он принимает участие в осморегуляторных процессах [10; 13; 14]. Автором отмечены наибольшие концентрации кадмия у исследованных ею рыб в печени и она объясняла этот факт большим содержанием в печени специфических низкомолекулярных белков с сульфгидрильными группами – металлотионеинов, которые способны связывать многие металлы, концентрируя их в органе. При этом кадмий обладает высоким сродством с металлотионеинами. Кадмий влияет на углеводный обмен, метаболические взаимодействия с кальцием, цинком, железом, медью, селеном и йодом и индукцию синтеза металлотионеинов (МТ) и образование прочных Cd-МТ-комплексов. Он является антиметаболитом ряда химических элементов, при этом обладая кумулятивными свойствами и, имея необычно долгий период выведения, может находиться длительное время в организме [10; 23]. При этом соединения кадмия обладают значительной токсичностью и широким спектром действия на биологические процессы [23].

На рисунке 2 представлены выявленные концентрации кадмия в представителях рыб семейства Gobiidae

Содержание кадмия в *Benthophilus macrocephalus* составляло $0,65 \pm 0,05$ мг/кг сухого вещества, что являлось максимальным по сравнению с другими исследованными

видами рыб. Уровень биоаккумуляции кадмия *Neogobius caspius* и бычком песочником *Neogobius fluviatilis* несколько ниже, чем в пуголовке, причем различия в значениях аккумуляции металла между этими видами рыб недостоверны ($p > 0,05$) [4; 19; 24]. Значение показателя в *Neogobius melanostomus* наименьшее $0,1 \pm 0,05$ мг/кг сухого вещества. Концентрация кадмия в исследованных объектах выше допустимой остаточной концентрации (0,2 мг/кг): в пуголовке более чем в 3 раза, в бычках – в 2 раза. Исключением является бычок кругляк, в котором не было зафиксировано превышение допустимой величины.

Сравнивая полученные усредненные значения тяжелых металлов в организме исследованных видов семейства Gobiidae в 2023 году с данными С.А. Гуцуляк и Л.М. Васильевой [6] за 2010 г., показано увеличение концентрации в объектах изучения всех исследованных химических элементов, за исключением кадмия (табл. 1).

Показано, что содержание меди в организме рыб увеличилось примерно в 4 раза, по сравнению с 2010 г., но все же находилось в пределах нормы (10 мг/кг).

Концентрация марганца в исследованных видах рыб в 2023 г. возросла в 5 раз по сравнению с данными С.А. Гуцуляк, Л.М. Васильевой [6]. Хотя указанные авторы не выявили в 2010 г. в исследованных ими бычках превышения допустимых значений, в нашем случае отмечено небольшое превышение ДОК.

Уровень аккумуляции кобальта и свинца изученными видами семейства Gobiidae в 2023 г., по сравнению с соответствующими значениями в 2010 г., выше в 2 раза. Концентрация кобальта в представителях семейства превышала допустимую величину (0,5 мг/кг) в 3 раза, а концентрация свинца – в 8 раз.

Стоит заметить, что значение накопления кадмия исследованными видами семейства Gobiidae в 2023 г. не отличалось от данных

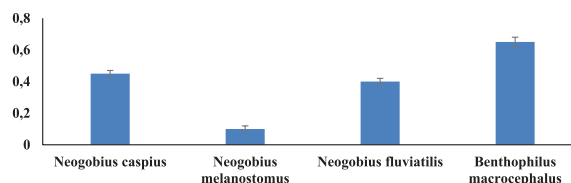


Рисунок 2. Содержание кадмия в рыбах семейства Gobiidae Каспийского моря, мг/кг сухого вещества

Figure 2. Cadmium content in fish of the Gobiidae family of the Caspian Sea, mg/kg of dry matter

Таблица 1. Концентрация тяжелых металлов в организме рыб семейства Gobiidae, мг/кг сухого вещества / **Table 1.** Concentration of heavy metals in the body of fish of the family Gobiidae, mg/kg of dry matter

Металлы	2010 г. (по данным С.А. Гуцуляк, Л.М. Васильевой, 2016)	2023 г (наши данные)	ДОК, мг/кг
Cu	1,43±0,3	6,05±0,25	10,0
Mn	2,27±0,3	10,76±1,01	10,0
Co	0,72±0,2	1,4±0,2	0,5
Pb	4,43±0,7	7,73±0,13	1,0
Cd	0,42±0,2	0,4±0,01	0,2

Таблица 2. Коэффициенты накопления химических элементов печенью каспийского тюленя / **Table 2.** Coefficients of accumulation of chemical elements by the liver of the Caspian seal

Вид	Cu	Mn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd
<i>Neogobius caspius</i>	8	2	1	2	3	0,5	16
<i>Neogobius melanostomus</i>	4	4	1	3	2	0,3	73
<i>Neogobius fluviatilis</i>	6	0,6	2	2	4	0,2	18
<i>Benthophilus macrocephalus</i>	5	0,4	1	2	4	0,1	11

С.А. Гуцуляк, Л.М. Васильевой [6] и составляло $0,4 \pm 0,01$ мг/кг сухого вещества. При этом концентрация кадмия в представителях семейства Gobiidae выше ДОК в 2 раза.

Высокий уровень содержания металлов в организме рыб свидетельствует о значительной их концентрации в водной среде. Металлы проникают в организм бычковых с пищей, а также – с водой через жабры и кожные покровы [6].

На рисунке 3 представлены выявленные концентрации химических элементов в печени каспийского тюленя

В печени каспийского тюленя в наибольших концентрациях обнаружена медь (31,78 мг/кг сухого вещества). Концентрации марганца, хрома и кадмия составляли примерно 10 мг/кг сухого вещества, при этом выявленные различия статистически не достоверны ($p > 0,05$). Меньше всего в организме тюленя зафиксировано свинца (1,76 мг/кг сухого вещества).

В таблице 2 представлены рассчитанные коэффициенты накопления химических элементов печенью каспийского тюленя

Рассчитанные коэффициенты накопления химических элементов печенью каспийского тюленя, относительно исследованных видов рыб семейства Gobiidae, свидетельствуют о значительном вкладе этих кормовых объектов в содержание металлов в печени млекопитающего. В то же время бычки и пуголовка не влияют на степень аккумуляции Pb печенью нерпы (K_n свинца < 1).

Результаты проведенных исследований по содержанию ряда тяжелых металлов в организме некоторых видов семейства Gobiidae поз-

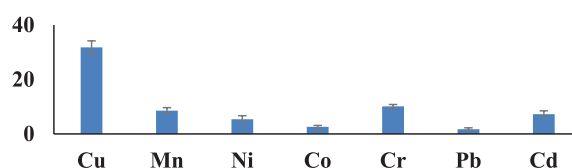


Рисунок 3. Содержание химических элементов в печени каспийского тюленя, мг/кг сухого вещества

Figure 3. The content of chemical elements in the liver of the Caspian seal, mg/kg of dry matter

волили установить следующее: выявлено превышение допустимых остаточных концентраций Mn, Co, Pb и Cd. Отмечено, что *Benthophilus macrocephalus*, по сравнению с другими представителями семейства Gobiidae, являлся аккумулятором большинства химических элементов (Mn, Pb и Cd), а *Neogobius melanostomus* – Cu и Cr. Исследованные виды кормовых организмов способны влиять на степень накопления тяжелых металлов организмом каспийского тюленя.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Исследования проводились при финансовой поддержке гранта РФФ № 23-24-10043.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов **Чаплыгина Ю.А.** – написание и корректировка текста, верстка и правка; **Чаплыгин В.А.** – сбор материала, окончательная верстка и проверка; **Ершова Т.С.** – написание и корректировка текста; **Зайцев В.Ф.** – подготовка рукописи, внесение правок.

The authors declare that there is no conflict of interest.
 Contribution to the work of the authors **Chaplygina Yu.A.** – writing and correction of the text, layout and editing; **Chaplygin V.A.** – collection of material, final layout and verification; **Ershova T.S.** – writing and correction of the text; **Zaitsev V.F.** – preparation of the manuscript, making edits.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Бадамшин Б.И. Годовой цикл жизни каспийского тюленя // IV совещ. по изучению морских млекопитающих: тез. докл. – Москва. 1969. С. 218-222.
2. Бадамшин Б.И. О массовой гибели каспийского тюленя // Труды КаспНИРХ. 1971. – Т. 26: Сборник статей по биологии, гидрологии и гидрохимии. – С. 261–264.
3. Автореферат диссертации Рагимов Д.Б. Бычковые рыбы Каспийского моря (систематика, экология, значение): автореф. дис. ... д-ра биолог. Наук – Л. 1988. 35 с.
4. Чаплыгин В.А., Зайцев В.Ф., Ершова Т.С., Хурсанов А.С. Мониторинг концентрации некоторых тяжелых металлов в организме рыб семейства Gobiidae // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72). № 4. С. 166-174.
5. Абдурахманов Г.М., Гуцуляк С.А., Сокольская Н.И. Влияние экологических факторов на видовой состав, численность и распределение бычковых в западном районе Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. № 4. С. 33-39.
6. Гуцуляк С.А., Васильева Л.М. Содержание тяжелых металлов в организме бычковых в российской зоне Северного Каспия // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 2(10). С. 19-25.
7. Хурськин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Черноок В.И., Сокольский А.Ф. Оценка численности тюленя в Каспийском море // Современные проблемы Каспия: Материалы Международной конференции. Астрахань: КаспНИРХ. 2001. С. 358-363.
8. Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Валедская О.М. Оценка состояния популяции тюленя в Каспийском море и прогноз его добычи на 2007 год // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. 2007. С. 389-401.
9. Лисицын А.П., Демина Л.Л., Гордеев В.В. и др. Биогеохимия океана // АН СССР. Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова. – М.: Наука. 1983. 368 с.
10. Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Высшая школа. 1960. 544 с.
11. 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.
12. Sproy D.J., Wiener T.G. (1991). Metal bioavailability and toxicity to fish from low-alkalinity lakes: a critical review // Environ. Pollut. Vol. 71. № 2-4. Pp. 243-304.
13. Моуссенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. Ин-т вод. проблем РАН. – М.: Наука. 2006. 261 с.
14. Ковековдова Л.Т. Микроэлементы в морских промысловых объектах дальнего востока России: дисс. ... док. биол. наук – Владивосток. 2011. 307 с.
15. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах // под науч. ред. Е. С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ. 2014. 167 с.
16. Зайцев В.Ф., Ершова Т.С., Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Николенков А.А. Содержание некоторых металлов в звеньях трофической сети каспийского моря // X международная биогеохимическая школа «Современные проблемы состояния и биогеохимической эволюции таксонов биосферы», посвященная 70-летию ГЕОХИ РАН. – М.: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 198-205
17. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия: монография. – М.: Мир, 1976. 355 с.
18. Брицке М.Э. Атомно-адсорбционный спектрохимический анализ: монография – М.: Химия. 1982. 223 с.
19. Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря: монография – М.: Наука. 2001. 620 с.
20. Зайцев В.Ф., Чаплыгин В.А., Ершова Т.С. Биогеохимические особенности аккумуляции элементов в гидробионтах разных экологических групп Каспийского моря // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН: тезисы докладов, г. Петрозаводск, 16 сентября – 20 сентября 2019 г. /отв. ред. Н. В. Ильмаст – Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2019 575 с.
21. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации: монография. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос ун-та. 2002. 270 с.
22. Автореферат диссертации Абдулаева Н.М. Цитогенетическое исследование рыб при воздействии тяжелых металлов и сырой нефти.: автореф. дис. ... канд. биолог. наук. – Махачкала. 2007. 24 с.
23. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского РАН. – М.: Наука. 2008. 315 с.
24. Зайцев В.Ф., Ершова Т.С., Чаплыгин В.А., Танасова А.С. Ртуть и кадмий в экосистеме Каспийского моря. Современные методы исследования содержания тяжелых металлов в окружающей среде: Тезисы Всероссийской научной конференции и школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов (Череповец, 14-16 мая 2018 г.). – Череповец: Череповецкий гос. ун-т. 2018. 78 с.
25. Исуев А.Р., Аскерханов А.К. О накоплении мутагенных химических веществ в органах промысловых рыб Каспия // Касп. регион: экон., экол., мин. ресурсы: докл. междунар. конф. Москва, 20-23 июня, 1995 г. – Москва. 1995. С. 100-101.
26. Автореферат диссертации Тютикова С. Ф. Парнокоптные животные как естественные биоиндикаторы при геохимическом мониторинге окружающей среды.: автореф. дис. ... д-ра биол. наук – Владимир. 2016. 39 с.
27. Лакин Г.Ф. Биометрия. // М.: Высшая школа. 1967. С. 7-65.
28. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологич. спец. вузов. – М.: Высшая школа. 1980. 293 с.
29. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. – М.: МГУ. 1980. С. 35- 48.
30. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Просвещение. 1981. С. 3-184.

LITERATURE AND SOURCES

1. Badamshin B.I. (1969). Annual life cycle of the Caspian seal // IV Council. on the study of marine mammals: tez. dokl. – Moscow. Pp. 218-222. (In Russ.).
2. Badamshin B.I. (1971). On the mass death of the Caspian seal // Trudy Kaspnirkha. – Vol. 26: collection of articles on biology, hydrology and hydrochemistry. Pp. 261-264. (In Russ.).
3. Abstract of the dissertation Ragimov D.B. Bullfishes of the Caspian Sea (systematics, ecology, significance).: author's abstract. dis. Dr. Biol. Sciences – L. 1988. 35 P. (In Russ.).
4. Chaplygin V.A., Zaitsev V.F. Shova T.S., Khursanov A. S. (2020). With monitoring of the concentration of certain heavy metals in the body of fish of the family gobiidae // Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. Vol. 6 (72). No. 4. Pp. 166-174. (In Russ.).
5. Abdurakhmanov G.M., Gutsulyak S.A., Sokolskaya N.I. (2013). The influence of environmental factors on the species composition, abundance and distribution of gobies in the Western region of the Northern Caspian Sea // South of Russia: ecology, development. Vol. 8. No. 4. Pp. 33-39. (In Russ.).
6. Gutsulyak S.A., Vasilyeva L.M. (2016). The content of heavy metals in the body of bulls in the Russian zone of the Northern Caspian Sea // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. No. 2(10). Pp. 19-25. (In Russ.).
7. Khuraskin L.S., Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Chernook V.I. Sokolsky A.F. (2001). Estimation of the number of seals in the Caspian Sea // Modern problems of the Caspian Sea: proceedings of the International Conference. Astrakhan: KaspNIRKh. Pp. 358-363. (In Russ.).
8. Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Valedskaya O.M. (2007). Assessment of the state of the seal population in the Caspian Sea and the forecast of its production for 2007 // Fisheries research in the Caspian Sea. Astrakhan: KaspNIRKh Publishing House. Pp. 389-401. (In Russ.).
9. Lisitsyn A.P., Demina L.L., Gordeev V.V., etc. (1983). Biogeochemistry of the ocean // USSR Academy of Sciences. P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow: Nauka. 368 p. (In Russ.).
10. Voynov A.I. (1960). The biological role of trace elements in the body of animals and humans. – M.: Higher School. 544 p. (In Russ.).
11. Vorobyov V.I., Zaitsev V.F. Shcherbakova E.N. (2007). Biogenic migration of heavy metals in the body of the Russian sturgeon. – Astrakhan. Publishing house of tsntep LLC. Pp.116. (In Russ.).
12. Spry D.J., Wiener T.G. (1991). Metal bioavailability and toxicity to fish from low-alkalinity lakes: a critical review // Environ. Pollut. Vol. 71. No. 2-4. Pp. 243-304.
13. Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A. (2006). Scattered elements in land surface waters: Technophilism, bioaccumulation and ecotoxicology. In-t waters. problems. – M.: Science. 261 p. (In Russ.).
14. Kovaleva L.T. (2011). Trace elements in marine fishing facilities of the Russian Far East: diss. E. Dokuchaeva. Biol. Nauk – Vladivostok. 307 p. (In Russ.).
15. Davydova O.A., Klimov E.S. E. Vaganova.S., Vaganov A.S. (2014). The influence of physico-chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems // Under scientific ed. by E. S. Klimov. - Ulyanovsk: UlSTU. 167 p. (In Russ.).
16. Zaitsev V.F., Ershova T.S., Chaplygin V.A., Tanasova A.S., Nikolenkov A.A. (2017). The content of some metals in the links of the trophic network of the Caspian Sea // X International biogeochemical school “Modern problems of the state and biogeochemical evolution of biosphere taxa”, dedicated to the 70th anniversary of the GEOCHIE RAS. – M.: GEOCHIE RAS. Pp. 198-205. (In Russ.).
17. Price V. (1976). Analytical atomic absorption spectrometry: monograph. – M.: Mir. 355 p. (In Russ.).
18. Britzke M.E. (1982). Atomic adsorption spectrochemical analysis: monograph – M.: Chemistry. 223 p. (In Russ.).
19. Vinogradov A.P. (2001). Chemical elemental composition of marine organisms: monograph – M.: Nauka. 620 p. (In Russ.).
20. Zaitsev V.F., Chaplygin V.A. Ershova T.S. Biogeochemical features of accumulation of elements in hydrobionts of various ecological groups of the Caspian Sea // XII Congress of the Hydrobiological Society at the Russian Academy of Sciences: abstracts, Petrozavodsk, September 16 – September 20, 2019 / ed. N. V. Ilm-Petrozavodsk: KarSC RAS. 2019 575 p. (In Russ.).
21. Popov P.A. (2002). Assessment of the ecological state of reservoirs by ichthyoinidication methods: monograph. – Novosibirsk: Publishing House of Novosibirsk State University. 270 p. (In Russ.).
22. Abstract of the dissertation of Abdulaev N.M. Cytohematological study of fish under the influence of heavy metals and crude oil.: abstract of the dissertation ... cand. biological sciences. – Makhachkala. 2007. 24 p. (In Russ.).
23. Yermakov V.V., Tyutikov S.F. (2008). Geochemical Ecology of animals. Institute of Geochemistry and Analytical. V.I. Vernadsky Chemistry of the Russian Academy of Sciences. – M.: Nauka. 315 p. (In Russ.).
24. Zaitsev V.F., Ershova T.S., Chaplygin V.A., Tanasova A.S. (2018). Mercury and cadmium are contained in the ecosystems of the Caspian Sea. Modern methods of studying the content of heavy metals in the environment: abstracts of the All-Russian Scientific Conference and school seminar for young scientists, graduate students and students (Cherepovets, May 14-16, 2018). – Cherepovets: Cherepovets State University. 78 p. (In Russ.).
25. Isuyev A.R., Askerkhanov A.K. (1995). On the accumulation of mutagenic chemicals in the organs of commercial fish of the Caspian Sea // KASP. region: Estonia., ecol., min. resource: dokl. international. conf. Moscow, June 20-23, 1995 – Moscow. Pp. 100-101. (In Russ.).
26. Abstract of the dissertation of Tyutikov S. F. Artiodactyls as natural bioindicators in geochemical environmental monitoring.: abstract. dis. Doctor of Biological Sciences-Vladimir. 2016. 39 p. (In Russ.).
27. Lakin G.F. (1967). Biometrics. – M.: Higher School. Pp. 7-65. (In Russ.).
28. Lakin G.F. (1980). Biometrics: a textbook for biologists. spec. universities. – M.: Higher school. 293 p. (In Russ.).
29. Plokhinsky N.A. (1980). Algorithms of biometrics. – M.: Moscow State University. Pp. 35-48. (In Russ.).
30. Plokhinsky N.A. (1981). Biometrics. – M.: Enlightenment. Pp. 3-184. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 20.09.2024
 Принят к публикации / Accepted for publication 02.11.2024