



Экология животных / Ecology of Animals

Оригинальная статья / Original article

УДК 574. 24 (599.745.3)

DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-69-78

## СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ КАСПИЙСКОГО ТЮЛЕНЯ (PHOCA CASPICA, GMELIN, 1788)

<sup>1</sup>Татьяна С. Ершова\*, <sup>2</sup>Вячеслав Ф. Зайцев

<sup>1</sup>кафедра прикладной биологии и микробиологии,  
Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, [ershova@mail.ru](mailto:ershova@mail.ru)

<sup>2</sup>кафедра гидробиологии и общей экологии, Астраханский государственный  
технический университет, Астрахань, Россия

**Резюме.** Целью данного исследования являлось определение уровня аккумуляции ртути в органах и тканях разновозрастных особей каспийской нерпы. **Методы.** Определение ртути в органах и тканях тюленей выполняли на атомно-абсорбционном спектрометре РА –915+ с приставкой РП-91С. **Результаты.** Сравнительный анализ полученных концентраций ртути в органах разновозрастных каспийских тюленей продемонстрировал сходство в их распределении. Концентрации ртути в печени и почках у них выше, чем в других органах. Причем уровень аккумуляции ртути в печени превышал предельно-допустимую концентрацию (ПДК) во всех возрастных группах, увеличиваясь с возрастом. Во всех исследованных группах концентрация ртути была минимальной в подкожном жире животных. Корреляционный анализ продемонстрировал высокую степень сходства в накоплении ртути органами и тканями щенков и тюленей в возрасте 1-7 лет, а также тюленями 7-12 лет и 12-17 лет. При проведении сравнительного анализа были отмечены тесные положительные связи между концентрацией ртути в печени и морфологическими характеристиками, такими как возраст, вес, длина, обхват туловища и толщина подкожного жира. **Выводы.** Описанные выше данные свидетельствуют о различных системах накопления ртути органами и тканями организма каспийского тюленя, которые зависят от их функциональных особенностей и от свойств изучаемого металла. Основной путь поступления ртутьсодержащих соединений в организм животных — алиментарный. Поэтому максимальная аккумуляция ртути происходит в печени и почках, являющихся барьерами для проникновения значительного количества ртути в другие органы и ткани каспийских тюленей.

**Ключевые слова:** каспийский тюлень, ртуть, печень, почки, аккумуляция.

**Формат цитирования:** Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Содержание ртути в органах и тканях каспийского тюленя (*Phoca Caspica*, Gmelin, 1788) // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N1. С.69-78. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-69-78

## CONTENT OF MERCURY IN ORGANS AND TISSUES OF CASPIAN SEAL (PHOCA CASPICA, GMELIN, 1788)

<sup>1</sup>Tatiana S. Ershova\*, <sup>2</sup>Vyacheslav F. Zaitsev

<sup>1</sup>Department of Applied Biology and Microbiology,  
Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, [ershova@mail.ru](mailto:ershova@mail.ru)

<sup>2</sup>Department of Hydrobiology and General Ecology,  
Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

**Abstract.** The aim of this study is to determine the level of mercury accumulation in organs and tissues of Caspian seals of different ages. **Methods.** Determination of mercury in the organs and tissues of the seals has been performed on atomic absorption spectrometry RA -915+ with RP-91s station. **Results.** Comparative analysis of the concentrations of mercury in the bodies of different aged Caspian seals has showed similarities in their distribution. Mercury concentrations in the liver and kidneys are higher than in other organs. The level of mercury accumulation in the liver exceeded the maximum permissible concentration (MPC) in all age groups, increasing with age. In all investigated groups mercury concentration was lowest in the subcutaneous fat of animals. The correlation analysis has demonstrated a high degree of similarity in the accumulation of mercury in organs and tissues of seal pups aged 1-7 years and seals aged 7-12 and 12-17 years. In a comparative analysis, we have observed strong positive relation-



ship between the concentration of mercury in the liver and morphological characteristics, such as age, weight, height, girth of the trunk and the thickness of subcutaneous fat. **Main conclusions.** The obtained data indicate different ways of mercury accumulation in organs and tissues of the body of the Caspian seal, which depend on their features and characteristics of the metal. The main route of mercury compounds in the body of animals is alimentary. Therefore, the maximum mercury accumulation can be seen in the liver and kidneys, which is a barrier to the penetration of a significant amount of mercury in other organs and tissues of Caspian seals.

**Keywords:** Caspian seal, mercury, liver, kidney, accumulation.

**For citation:** Ershova T.S., Zaitsev V.F. Content of mercury in organs and tissues of Caspian seal (*Phoca Caspica*, Gmelin, 1788). *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 69-78. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-69-78

## ВВЕДЕНИЕ

*Каспийское море* не имеет аналогов в мире. Это уникальный внутренний бессточный водоем, в котором происходят накопление и трансформация поллютантов. Наибольший объем загрязняющих веществ в море поступает с речными стоками, которые вносят в море основную массу тяжелых металлов. Среди всех тяжелых металлов ртуть является одним из самых опасных токсических элементов, оказывающих влияние на гидробионтов. Несмотря на то, что в Астраханской области нет предприятий, которые бы работали с ртутью, ртутное загрязнение поступает в Каспийское море с верховьев Волги [1]. По данным Каспийского регионального тематического Центра по контролю за загрязнением (Каспийская экологическая программа) (КРТЦ КЗ) в море в год из разных источников поступает до 14 т ртути [2]. На многих участках Каспийского моря концентрация ртути существенно превышает средний общемировой показатель (0,00003 мг/л – природный геохимический фон). Так, на Северном и Среднем Каспии она составила 0,08–0,0014 мг/л. У берегов Апшеронского полуострова – 0,00058–0,00078 мг/л, на Сумгаите – 0,00078 мг/л, в Бакинской бухте – 0,00122 мг/л, на Актау – 0,00034 мг/л [1].

Загрязнение морской среды считается основным фактором, угрожающим сохранению биологического разнообразия и разрушающим среду обитания водных биоресурсов в Каспийском бассейне.

Биоразнообразие Каспийского моря из-за исторически сложившейся изолированности отличается высоким уровнем эндемизма. Приблизительно 40% видов, встречающихся в Каспийском море – эндемики, и поэтому любая угроза может привести к потенциально высоким потерям глобально значимого биоразнообразия. Одним из таких видов является Каспийский тюлень или Каспийская нерпа (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) [3].

Тюлень является вершиной трофической пирамиды на Каспии, и состояние этой популяции может служить индикатором благополучия всей экосистемы большого региона. Так, кризис воспроизводства популяции каспийского тюленя, наблюдаемый в последние годы, является следствием антропогенного загрязнения экосистемы Каспийского моря [4]. Микроэлементный состав организма тюленя является отражением не только его физиологического состояния, но и характеризует среду его обитания [5].

На основании вышесказанного целью данного исследования являлось определение уровня аккумуляции ртути в органах и тканях разновозрастных особей каспийской нерпы.

За основу были взяты ПДК, Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96

"Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов" [6]. ПДК составляет 1,0 мг/кг сырого вещества.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы проб были любезно предоставлены сотрудниками Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ), полученные в ре-

зультате научно-исследовательских экспедиций на предзимние залежки зверя вблизи о. Малый Жемчужный в 2011 – 2014 гг.



Определение тяжелых металлов в органах и тканях тюленей выполняли на атомно-абсорбционном спектрометре РА – 915+ (ООО НПФ «Люмэкс с Зеemanовской ком-

пенсацией неселективных поглощений) с приставкой РП-91 С, согласно методике [7, 8].

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При определении уровня накопления ртути различными органами и тканями каспийских тюленей были выделены четыре возрастные группы: щенки – сивари (возраст

до 1 года) и взрослые особи с градацией возрастных периодов (1-7 лет, 7-12 лет, 12-17 лет) (таб.1).

Таблица 1

#### Концентрация ртути в тканях и органах каспийского тюленя

Table 1

#### The concentration of mercury in the tissues and organs of the Caspian seal

Ткани и органы Tissues and organs	Содержание ртути, мг/кг сырого вещества The mercury content, mg/kg of wet material			
	Щенки Puppies	1-7 лет 1-7 years	7-12 лет 7-12 years	12-17 лет 12-17 years
<b>Жир / Fat</b>	0,15± 0,06	0,22±0,04	0,14±0,02	0,12±0,03
<b>Почки / Kidney</b>	1,22± 0,21	2,58±0,24	1,69±0,38	2,46±0,44
<b>Селезенка / Spleen</b>	0,51± 0,16	1,71± 0,21	1,94±0,27	0,34±0,11
<b>Кишечник /Intestines</b>	1,17± 0,09	2,2±0,15	0,43±0,14	0,41±0,11
<b>Сердце / Heart</b>	0,75±0,17	1,64± 0,22	0,89±0,29	0,49±0,06
<b>Желудок / Stomach</b>	0,63±0,15	1,75± 0,11	0,72±0,18	1,15±0,23
<b>Легкие / Light</b>	0,57±0,07	1,06±0,13	0,31±0,09	0,27±0,08
<b>Печень / Liver</b>	1,93± 0,46	3,64±0,44	4,19±0,87	5,18±1,1

При исследовании щенков каспийского тюленя было отмечено, что наименьшее накопление ртути происходит в подкожном жире ( $0,15 \pm 0,06$  мг/кг). При этом жир, по мнению М.В. Пастухова с соавторами [9], занимает значительную долю (обычно более 45%) от общего веса тюленей младших возрастов. Максимальные концентрации ртути были отмечены в органах выделения – печени и почках ( $1,93 \pm 0,46$  мг/кг и  $1,22 \pm 0,21$  мг/кг соответственно) и в кишечнике ( $1,17 \pm 0,09$  мг/кг). Необходимо отметить, что обнаруженные концентрации ртути в вышеперечисленных органах выше значений ПДК в 1,9; 1,2 и 1,17 соответственно. Возможно, это связано с тем, что печень и почки выполняют функцию детекторов, фильтров и трансформаторов токсических веществ. Эти органы способны накапливать концентрации ртути на порядки, превышающие ее содержание в других органах и тканях. Здесь происходит частичная фиксация ртути, посредством ее связи с нуклеинами [9]. Благодаря выделительной функции печени, значительная часть ртути поступает в кишечник вместе с желчью. В дальнейшем, часть ртути,

прошедшей через печеночный фильтр, может вторично участвовать в гепатоэнтеральной циркуляции, вновь всасываясь кишечником [10]. Это обстоятельство объясняет выявленный нами высокий уровень концентрации ртути в кишечнике каспийской нерпы. Полученные результаты по накоплению ртути в подкожно-жировой клетчатке у сиварей были сопоставимы с данными Н.А. Захаровой [11] у приплода каспийского тюленя, однако содержание ртути в печени в нашем случае было выше. Возможно значения, полученные Н.А. Захаровой связаны с тем, что они были усреднены для бельков и сиварей, а также обусловлены изменяющейся экологической обстановкой на Каспии. В других органах и тканях концентрации ртути были невысокими и изменялись в пределах от  $0,51 \pm 0,16$  мг/кг до  $0,75 \pm 0,17$  мг/кг. Имеющиеся данные позволяют выстроить следующий ряд ранжирования содержания ртути в отдельных органах щенков – сиварей каспийского тюленя: печень>почки>кишечник>сердце>желудок>легкие>селезенка>жир.



Возрастную группу от 1 до 7 лет составляют молодые неполовозрелые особи, у которых происходит формирование половой системы. В этот период накопление ртути в жире было также наименьшим ( $0,22 \pm 0,04$  мг/кг). Максимальные концентрации ртути были зафиксированы, как и у щенков, в печени, почках и кишечнике ( $3,64 \pm 0,44$  мг/кг;  $2,58 \pm 0,24$  мг/кг;  $2,2 \pm 0,15$  мг/кг соответственно). Данные значения превышают предельно-установленные концентрации содержания ртути в 3,6; 2,6 и 2,2 раза соответственно. Необходимо отметить, что уровень содержания ртути в остальных органах каспийского тюленя был также высоким и превышал ПДК. При сравнении наших данных с литературными выявлено, что предел варьирования содержания ртути в органах каспийского тюленя сопоставим с таковым для кольчатых тюленей (*Phoca hispida saimensis*) из озера Сайма в Финляндии [12]. На основании обобщения уровней концентраций ртути в органах каспийского тюленя можно их расположить в следующем убывающем порядке: печень>почки>кишечник>желудок>селезенка>сердце>легкие>жир.

Особи, достигшие возраста 7 – 12 лет, составляют репродуктивную основу стада. Нужно заметить, что при достижении этого возраста у тюленей прекращается рост. Впервые на это обратил свое внимание Д.В. Гаджиев [13]. Он установил, что тюлени перестают расти в возрасте 9 лет, что близко к возрасту полового созревания у обоих полов. При анализе распределения средних концентраций ртути по отдельным органам каспийского тюленя в указанном возрастном диапазоне получена следующая картина. Содержание ртути в органах каспийского тюленя изменялось в пределах от 0,14 до 4,19 мг/кг. Ее распределение по органам подчинялось установленной ранее закономерности. Наибольшие количества ртути обнаружены в печени нерпы. Установлено, что печень является основным депо по накоплению ртути [14, 11]. Так, концентрация ртути в печени составляет  $4,19 \pm 0,87$  мг/кг. Наименьшие концентрации выявлены в жире исследуемого организма -  $0,14 \pm 0,02$  мг/кг. Помимо печени превышение ПДК ртути было зафиксировано в селезенке ( $1,94 \pm 0,27$  мг/кг) и почках ( $1,69 \pm 0,38$  мг/кг). Значительное количество ртути накапливается в сердце, желудке и легких ( $0,89 \pm 0,29$ ;  $0,72 \pm 0,18$ ;  $0,31 \pm 0,09$ ; мг/кг соответствен-

но). Концентрирующая способность органов по отношению к ртути выстраивает их в следующий убывающий ряд: печень>селезенка >почки>сердце>желудок>кишечник>легкие>сердце>жир. Ранее аналогичную последовательность компонентов организма каспийского тюленя в ряду по способности аккумулировать ртуть была получена Л.С. Хураськиным с соавторами [15]. Значительные концентрации металлов, отмечены, прежде всего, в органах, для которых характерно активное протекание процессов метаболизма с одной стороны, а с другой - они активно участвуют в процессах, направленных на поддержание гомеостаза, таких как печень, почки, селезенка [5].

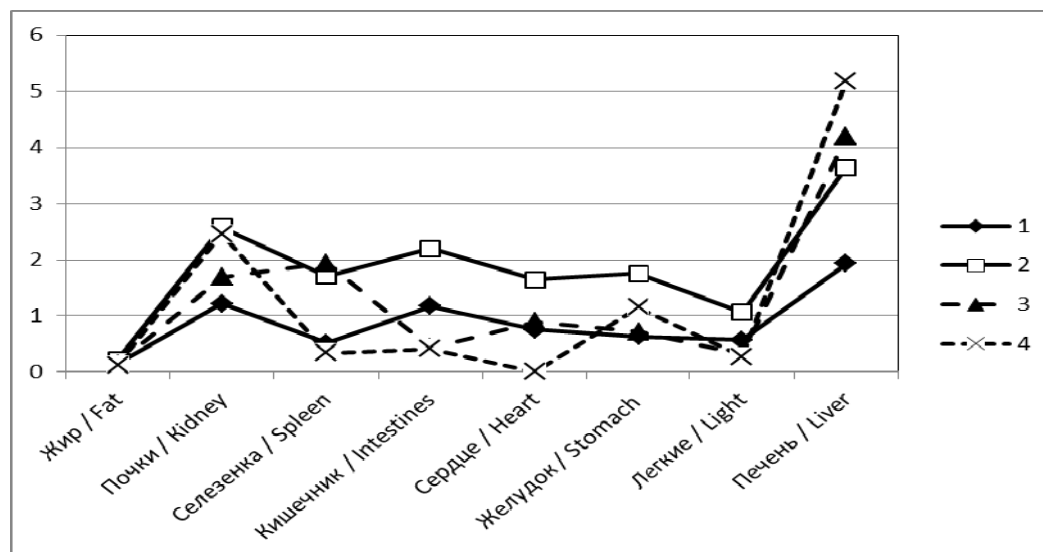
В 12-17 лет особи каспийского тюленя достигают так называемой физической костной зрелости [13]. В этот период вариации содержания общей ртути в образцах отдельных органов исследуемого объекта составляли от  $0,12 \pm 0,03$  мг/кг до  $5,18 \pm 1,1$  мг/кг. При этом минимум биоаккумуляции ртути был зафиксирован в жире, а максимум в печени. В последнем случае было выявлено превышение ПДК более чем в 5 раз. Кроме печени высокое значение уровня содержания ртути имели почки и желудок ( $2,46 \pm 0,44$  и  $1,15 \pm 0,23$  мг/кг соответственно). В остальных органах тюленя (селезенка, кишечник, сердце и легкие) концентрации ртути колебались в пределах от 0,15 до 0,49 мг/кг. По способности к аккумуляции ртути органы каспийского тюленя можно расположить в следующем порядке: печень>почки>желудок>сердце>кишечник>селезенка>легкие>жир.

Сравнительный анализ полученных концентраций ртути в органах разновозрастных каспийских тюленей продемонстрировал сходство в их распределении (рис.1). Так, анализируя ряды ранжирования содержания ртути в отдельных органах, можно отметить, что концентрации ртути в печени и почках у них выше, чем в других органах, что подтверждается исследованиями В.Т. Комова с соавт. [16] и Е.С. Степной [17] на других видах млекопитающих. Причем уровень аккумуляции ртути в печени везде превышал ПДК, увеличиваясь с возрастом (в 1,9; 3,6; 4,2 и 5,2 раза соответственно). По мнению И.Л. Головановой [18] в условиях повышенного ртутного загрязнения водных объектов максимальное накопление ртути отмечается в печени рыб. Воз-



можно, причину высокой концентрации ртути в печени тюленя тоже следует искать в недостаточно благоприятной экологической ситуации Каспийского моря. Печень принимает на себя важную ртутную нагрузку. При этом главную роль в регуляции уровня ртути в организме выполняют купферовы клетки печени, выстилающие синусоиды печеночной дольки [19]. Выполняя барьерную

функцию, фагоцитарные купферовы клетки способны захватывать, частично восстанавливать и откладывать ртуть, поступающую в печень с кровью из кишечника [20]. А.А.М. Малов с соавт. [21], исследуя распределение ртути в некоторых органах и тканях крыс, сделали вывод о том, что почки считаются основным органом, поражаемым ртутью.



**Рис. 1.** Уровень аккумуляции ртути в органах и тканях разновозрастных особей каспийской нерпы, мг/кг сырого вещества: 1 – щенки; 2 – тюлени 1-7 лет; 3 – тюлени 7-12 лет; 4 – тюлени 12-17 лет

**Fig.1.** The level of mercury accumulation in organs and tissues of Caspian seals of different ages, mg/kg of wet weight: 1 - pups; 2 – seals aged 1-7 years; 3 - seals aged 7-12 years; 4 - seals aged 12-17 years

Минимальной во всех исследованных группах была концентрация ртути в подкожном жире животных. Жировая ткань не обладает свойством избирательно накапливать ртуть, ее можно считать одним из депо ртути в организме с ненасыщенной и относительно незначительной емкостью [21].

В исследованиях Н.А. Захаровой [11] печень также имела высокое содержание ртути как у приплода, так и у неполовозрелых и взрослых особей, а подкожно-жировая клетчатка содержала наименьшее количество этого элемента. В отношении ртути схожее распределение в организмах годовиков, неполовозрелых и взрослых байкальских нерп вне зависимости от типа их питания установлено М.В. Пастуховым с соавт. [9]. Авторы отметили что, наименьшее накопление ртути происходит в костной ткани и подкожном жире животных, а мак-

симальные – в печени и почках, а также в волосяном покрове.

Высокие концентрации ртути (больше ПДК) во всех органах были зафиксированы у тюленей, достигших возраста 1-7 лет. Затем в последующих возрастных группах наблюдалась некоторая общая тенденция к уменьшению содержания общей ртути в органах и тканях исследуемых животных. Наблюдаемое понижение уровня исследуемого металла в последующих возрастных группах можно объяснить такими физиологическими процессами, как роды, лактация, ежегодная линька. Так, по мнению Watanabe с соавт. [22], роды, лактация и линька являются важными путями выведения ртути из организмов половозрелых самок тюленей. Поэтому М.В. Пастухов с соавт. [23] считают, что эффективный механизм удаления ртути из организма тюленей через волосяной покров дает ластоногим адаптивное



преимущество к условиям ртутного загрязнения по сравнению с китообразными. Кроме того, они утверждают, что в мышцах, печени и почках происходит синтез металлотioniнов, специфических низкомолекулярных белков, которые являются специфическими концентраторами микроэлементов группы тяжелых металлов и участвуют в детоксикации и регуляции уровня ртутной нагрузки.

В описанную выше закономерность не укладывается лишь динамика аккумуляции ртути в печени с возрастом животных (таб. 2), что лишний раз доказывает эффективную барьерную работу печени. Уровень концентрации ртути в печени у щенков был ниже, чем у особей постарше в 1,9, 2,2 и 2,7 раза соответственно исследуемым возрастным группам.

Таблица 2

Концентрации ртути в печени каспийского тюленя, мг/кг

Table 2

Concentrations of mercury in the liver of the Caspian seal, mg/kg

До года / Up to the year	1-7 лет / 1-7 years	7-12 лет / 7-12 years	12-17 лет / 12-17 years	17-22 лет / 17-22 years	22-27 лет / 22-27 years	27-32 лет / 27-32 years	32-37 лет / 32-37 years
1,93± 0,46	3,64±0,44	4,19±0,87	5,18±1,1	По данным Н.А. Захаровой (2003) According to N.A. Zakharova (2003)			
				8,65± 1,71	10,99 ±2,53	108,00± 12,58	93,99± 10,93

Указанная выше закономерность у самок каспийского тюленя наблюдается и в случае дополнения недостающих данных по уровню накопления ртути в печени старших возрастных групп, полученных Н.А. Захаровой [11]. По мнению автора у самок заметные повышения по общей ртути отмечались в возрасте 27 лет и выше и составляли 108,000 ± 12,580 мг/кг против 10,9891 ± 2,5300 мг/кг сырого веса в возрасте до 27 лет [11].

Корреляционный анализ продемонстрировал высокую степень сходства в накоплении ртути органами и тканями щенков и тюленей в возрасте 1-7 лет ( $r = 0,96$ ), а также тюленями 7-12 лет и 12-17 лет ( $r = 0,99$ ). Аналогичная корреляция была выявлена М.В. Пастуховым с соав. [9] для байкальских тюленей.

При проведении сравнительного анализа были отмечены тесные положительные

связи между концентрацией ртути в печени и морфологическими характеристиками, такими как возраст ( $r = 0,977$ ), вес ( $r = 0,991$ ), длина ( $r = 0,946$ ), обхват туловища ( $r = 0,969$ ) и толщина подкожного жира ( $r = 0,956$ ) (таб. 3). Т. Ikemoto с соавт. [24], проводя исследования на различных видах тюленей, в т.ч. и на каспийской нерпе, наблюдали позитивную корреляционную связь между накоплением ртути в печени и возрастом (0,735). Подобные корреляционные зависимости были описаны М.В. Пастуховым с соавт. [9, 23] у байкальской нерпы, относящейся к одному и тому же роду, что и каспийский тюлень. А также ранее Anas [25] было показано, что у северного морского котика *Callorhinus ursinus* повышение уровня содержания ртути в печени положительно коррелирует с возрастом ( $P > 0,001$ ,  $r = +0,84$ ).

Таблица 3

Корреляционные зависимости

Table 3

Correlation dependences

	Печень /Liver	Почки /Kidney	Желудок /Stomach	Сердце /Heart	Селезенка /Spleen	Кишечник /Intestines	Легкие /Light	Жир /Fat
Возраст / Age	0,977	0,566	0,134	0,146	-0,044	-0,62	-0,586	- 0,505
Вес, кг / Weight, kg	0,991	0,711	0,350	0,426	0,213	-0,404	-0,355	- 0,238



Длина, см / Length, cm	0,946	0,772	0,482	0,551	0,384	-0,229	-0,172	-	0,036
Обхват туловища, см / Torso circumference in cm	0,969	0,818	0,672	0,976	0,368	0,368	-0,997	-	0,788
Толщина подкожного жира, см / he thickness of the subcu- taneous fat, cm	0,956	0,803	0,510	0,589	0,334	-0,217	-0,162	-	0,036

Более слабая статистическая зависимость была обнаружена между концентрацией ртути в почках и биометрическими параметрами зверя: обхват туловища ( $r = 0,818$ ), толщина подкожного жира ( $r = 0,803$ ), длина ( $r = 0,772$ ), вес ( $r = 0,711$ ). Т. Кемето с соавт. [24] выявили сопряженную корреляцию между содержанием ртути в почках и возрастом у байкальской нерпы, каспийского тюленя и северного морского котика ( $r = 0,413$ ). В нашем случае между указанными величинами наблюдалась более высокая корреляция ( $r = 0,566$ ).

Между аккумуляцией ртути желудком и некоторыми морфологическими величинами выявлена слабая, но значимая положительная корреляция: обхват туловища тюленя ( $r = 0,672$ ), толщина подкожного жира ( $r = 0,510$ ), тогда как с остальными параметрами зависимость не установлена.

При выявлении показателя зависимости между накоплением ртути сердцем и морфологическими величинами была обна-

ружена прямая корреляционная связь лишь с обхватом туловища каспийского зверя ( $r = 0,976$ ).

Достоверно значимые результаты обратных корреляционных связей получены при сопоставлении следующих величин: биоаккумуляцией ртути кишечником и возрастом ( $r = - 0,62$ ), накоплением металла в легких и обхватом туловища ( $r = - 0,997$ ), содержанием ультрамикрорезультата в легких и возрастом ( $r = - 0,586$ ), концентрацией ртути жиром и обхватом туловища ( $r = - 0,788$ ).

Анализ сопряженного накопления ртути органами и тканями каспийского тюленя показал, что ее содержание в жире и кишечнике тесно коррелирует между собой ( $r = 0,96$ ). Аналогичные тесные связи отмечены между содержанием ртути в сердце и легких ( $r = 0,88$ ), в печени и почках ( $r = 0,77$ ). Связь между остальными органами не достоверна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные выше данные свидетельствуют о различных системах накопления ртути органами и тканями каспийского тюленя. Это зависит, в первую очередь, от их функциональных особенностей, а также от свойств изучаемого металла. Так, в организм животных и человека ртуть и ее соединения поступают через желудочно-кишечный

тракт, дыхательные пути и кожу. При этом основной путь поступления ртутьсодержащих соединений в организм животных - алиментарный [26]. Поэтому максимальная аккумуляция ртути происходит в печени и почках, являющихся барьерами для проникновения значительного количества ртути в другие органы и ткани каспийских тюленей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яценко В. Власти Астраханской области озаботились проблемой ртутного загрязнения Каспия // Кавказский Узел. 2010. URL: <http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/175677/> (дата обращения: 17.10.2015).
2. Ергалиев Т.Ж., Утепбергенова Ж.Ж. Загрязнение Каспийского моря промышленными отходами // Материалы международного семинара-совещания «Инновационная технология развития нефтяной и газовой промышленности», Атырау, 19-22 февраля, 2003. С. 215-216.
3. Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря. URL: <http://www.tehranconvetion.org> (дата обращения: 17.10.2015).



4. Захарова И.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 КаспНИРХа, 2007. С. 389-401.
5. Современное состояние популяции каспийского тюленя при проведении работ по поиску и разведке нефтегазовых месторождений на лицензионном участке ООО «Каспийская нефтяная компания» в Северном Каспии. Отчет. Астрахань: АГТУ, 2012. 131 с.
6. Санитарные правила и нормы. «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». СанПиН 2.3.2.560-96. М.: Госкомэпиднадзор России. 1996. 269 с.
7. Методика М 03-05-99 ООО НПФ «Люмэкс» измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов и донных отложений на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С // Люмэкс: аналитическое оборудование. URL: <http://www.lumex.ru>. (дата обращения: 17.10.2015).
8. Методические указания по определению ртути, мышьяка, сурьмы и селена с использованием ртутно-гидридного генератора «ГРГ-107». М.: ООО Кортэк, 2004. 45 с.
9. Пастухов М.В., Эпов В.Н., Чешельский Т. М., Алиева В. И., Гребенщикова В. И. Распределение и аккумуляция ртути в байкальской нерпе // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология, Экология. 2011. Т. 4, N1. С. 56-66.
10. Моисеенко Т.И. Ртуть в гидросфере // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», Москва, 7-9 сентября, 2010. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 14-19.
11. Захарова Н.А. Количественное содержание микроэлементов в тканях каспийского тюленя // Вестник Астраханского Государственного Технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. Астрахань: изд-во АГТУ. 2004. N2(21). С. 169-171.
12. Kari T., Kauranen P. Mercury and selenium contents of seal from fresh and brackish waters in Finland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1978. Vol. 19, pp. 273-280.
13. Гаджиев Д.В. Стадийность дифференцировки скелета каспийского тюленя // Морские млекопитающие. Баку, 1978.
14. Frank A., Galgan V., Roos A., Olsson M., Peterson L., Bignert A. Metal concentrations in seals from Swedish waters. *Ambio*, 1992, pp. 529-538
15. Хураськин Л.С., Почтоева Н.А., Хорошко В.И., Валедская О.М., Кузнецов В.В., Кузнецов Ю.А. Новые данные по патологии каспийского тюленя // Тезисы Всероссийской конференции «Экосистемы морей России в условиях антропогенного стресса (включая промысел)». Астрахань, 1994. С. 213-215.
16. Комов В.Т., Степина Е.С., Гремячих В.А., Поддубная Н.Я., Борисов М.Я. Содержание ртути в органах млекопитающих семейства куньих (Mustelidae) Вологодской области // Поволжский экологический журнал. 2012. N4. С. 385-393
17. Степина Е.С. Содержание ртути в тканях и органах млекопитающих Вологодской области // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», Москва, 7-9 сентября, 2010. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 314-318.
18. Голованова И.Л. Влияние ртути на пищеварение у животных различных систематических групп // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», Москва, 7-9 сентября, 2010. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 263-268.
19. Kuntz E., Kuntz Y.-D. *Ytatology. Principles and Practice: History, Morphology, Biochemistry, Diagnostics, Clinic, Therapy.* Springer: 2th ed. 2005. 906 p.
20. Немова Н.Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. Москва: Наука, 2005. 164 с.
21. Малов А.М., Сибиряков В.К., Семенов Е.В. Распределение ртути в некоторых органах и тканях крыс // Токсикологический вестник. 2009. N5. С. 9-14.
22. Watanabe I., Ichihashi Y., Tanabe Sh., Amano M., Miyozaki N., Petrov E.A., Tatsukawa R. Trace Element accumulation in Baikal seal (*Phoca sibirica*) from the lake Baikal. *Environmental Pollution*. 1996. Vol. 94, N2, pp. 169-179.
23. Пастухов М.В., Чешельский Т. М., Эпов В.Н., Гребенщикова В.И., Алиева В.И. Биоаккумуляция ртути в байкальской нерпе и ее трофической цепи оз. Байкал // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты», Москва, 7-9 сентября, 2010. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 304-309.
24. Ikemoto T., Kunito T., Watanabe I., Yasunaga G., Baba N., Miyazaki N., Petrov E.A., Tanabe Sh. Comparison of trace element accumulation in Baikal seals (*Pusa sibirica*), Caspian seals (*Pusa caspica*) and northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). *Environmental Pollution*. 2004. Vol. 127, pp. 83-97
25. Anas R.E. 1974. Heavy metals in the northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, and harbor seal, *Phoca vitulina richardi*. *Fish. Bull.*, 72, pp. 133-137.
26. Жуленко В.Н., Рабинович М.И., Таланов П.А. Ветеринарная токсикология. Москва: Колос, 2001. 392 с.

## REFERENCES

1. Yashchenko V. *Vlasti Astrahanskoy oblasti ozabotillis' problemoj rturnogo zagryazneniya Kaspiya* [Astrakhan oblast authorities attended to the problem of mercury pollution of the Caspian Sea]. Available at: <http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/175677> (accessed 17.10.2015)
2. Ergaliev T.Zh., Utepbergenova Zh.Zh. Zagryaznenie Kaspijskogo morya promyshlennymi othodami [Caspian Sea pollution by industrial waste]. *Materialy mezhdunarodnogo seminara-soveshchaniya «Innovacionnaya tekhnologiya razvitiya nefityanoj i gazovoj promyshlennosti»*, Atyrau, 19-22 fevralya 2003 [Proceedings of the international workshop "innovation technology development of the oil and gas industry", Atyrau, 19-22 February 2003]. Atyrau, 2003, pp. 215-216. (In Russian)





3. *Ramochnaya konvenciya po zashchite morskoy sredy Kaspijskogo moray* [Framework Convention for the protection of the marine environment of the Caspian Sea]. Available at: <http://www.tehranconvention.org> (accessed 17.10.2015)
4. Zaharova I.A., Kuznecov V.V., Valedskaya O.M. *Otsenka sostoyaniya populyatsii tyuleny v Kaspiiskom more i prognoz ego dobychi na 2007 god.* [Assessment of the status of populations of seals in the Caspian Sea and its production forecast for 2007 year]. *Rybohozyajstvennye issledovaniya na Kaspii* [Fisheries research in the Caspian Sea]. Astrakhan, KaspNIRH Publ., 2007, pp. 389-401. (In Russian)
5. *Sovremennoe sostoyanie populyatsii kaspiiskogo tyuleny pri provedenii rabot po poisku i razvedke neftegazovykh mestorozhdenii na litsenzionnom uchastke OOO «Kaspiiskaya neftyanaya kompaniya» v Severnom Kaspii* [Contemporary State of the Caspian seal population when carrying out prospecting and exploration of oil and gas fields on the license section of LLC «Caspian oil company in the North Caspian]. Report. Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ., 2012, 131 p. (In Russian)
6. Sanitary rules and norms. "Food raw materials and food products. Hygienic requirements for quality and safety of food raw materials and food products". Sanpin 2.3.2. 560-96. Moscow, Goskomepidnadzor Russia Publ., 1996, 269 p. (In Russian)
7. Metodika M 03-05-99 OOO NPF «Lyumehks» izmenenij massovoj dole obshchey rtuti v probah pochv, gruntov i donnyh otlozhenij na analizatore rtuti RA-915+ s pristavkoy RP-91S [Technique of M 03-05-99 "Lumeks" measurements of total mercury in soil samples, soil and sediment on mercury Analyzer RA-915 + with an RP-91S]. Available at: <http://www.lumex.ru> (accessed 17.10.2015)
8. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu rtuti, mysh'yaka, sur'my i selena s ispol'zovaniem rtutnogo gidridnogo generatora «GRG-107»* [Methodical instructions on defining mercury, arsenic, antimony and selenium using mercury-hydride generator "GRG-107"]. Moscow, Kortek Publ., 2004. 45 p. (In Russian)
9. Pastukhov M.V., Epov V.N., Ciesielski T., Alieva V.I., Grebenshchikova V.I. Distribution and bioaccumulation of mercury in Baikal seal. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologiya, ekologiya* [The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology, Ecology]. 2011, vol. 4, no. 1, pp. 56-66. (In Russian)
10. Moiseenko T.I. Rtut' v gidrosfere [The mercury in the hydrosphere]. *Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Rtut' v biosfere: jekologo-geohimicheskie aspekty», Moskva, 7-9 sentjabrja 2010.* [Proceedings of International Symposium «Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects», Moscow, 7-9 September 2010]. Moscow, 2010, pp. 14-19. (In Russian)
11. Zaharova N.A. The quantitative content of trace elements in tissues of the Caspian seal. *Vestnik Astrahanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University Series: fisheries.]. Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ., 2004. no. 2(21), pp. 169-171. (In Russian)
12. Kari T., Kauranen P. Mercury and selenium contents of seal from fresh and brackish waters in Finland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1978. Vol. 19, pp. 273-280.
13. Gadzhiev D.V. *Stadiinost' differentsirovki skeleta kaspiiskogo tyuleny* [Stages of differentiation of the skeleton of the Caspian seal] *Morskie mlekopitayushchie* [Marine mammals]. Baku, 1978. (In Russian)
14. Frank A., Galgan V., Roos A., Olsson M., Peterson L., Bignert A. Metal concentrations in seals from Swedish waters. *Ambio*, 1992, pp. 529-538.
15. Huras'kin L.S., Pochtoeva N.A., Horoshko V.I., Valedskaya O.M., Kuznecov V.V., Kuznecov Yu.A. *Novye dannye po patologii kaspiiskogo tyuleny* [New data on the pathology of the Caspian seal] *Tezisy Vserossijskoj konferencii «Ekosistemy morej Rossii v usloviyah antropogennogo stressa (vkluyuchaya promysel)»* [Abstracts of all Russian Conference "Russian seas Ecosystems in conditions of anthropogenic stress (including fishing)"]. Astrakhan, 1994, pp. 213-215. (In Russian)
16. Komov V.T., Stepina E.S., Gremyachih V.A., Poddubnaya N.Ya., Borisov M.Ya. Contents of mercury in the organs of mammals of the family of Martens (Mustelidae) in Vologda region. *Povolzhskij ehkologicheskij zhurnal* [Povolzhsky ecological journal]. 2012. no. 4. pp. 385-393. (In Russian)
17. Stepina E.S. Soderzhanie rtuti v tkanyah i organah mlekopitayushchih Vologodskoj oblasti [The mercury content in the tissues and organs of mammals in Vologda region]. *Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Rtut' v biosfere: jekologo-geohimicheskie aspekty», Moskva, 7-9 sentjabrja 2010.* [Proceedings of International Symposium «Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects», Moscow, 7-9 September 2010]. Moscow, 2010, pp. 314-318. (In Russian)
18. Golovanova I.L. Vliyanie rtuti na pishchevarenie u zhivotnyh razlichnyh sistematicheskikh grupp [Effect of mercury on digestion in animals of different systematic groups] *Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Rtut' v biosfere: jekologo-geohimicheskie aspekty», Moskva, 7-9 sentjabrja 2010.* [Proceedings of International Symposium «Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects», Moscow, 7-9 September 2010]. Moscow, 2010, pp. 263-268. (In Russian)
19. Kuntz E., Kuntz Y.-D. *Ytpatology. Principles and Practice: History, Morphology, Biochemistry, Diagnostics, Clinic, Therapy.* Springer: 2th ed. 2005. 906 p.
20. Nemova N.N. *Biohimicheskie ehffekty nakopleniya rtuti u ryb* [Biochemical effects of mercury accumulation in fish]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 164 p. (In Russian)
21. Malov A.M., Sibiryakov V.K., Semenov E.V. Distribution of mercury in certain tissues and organs of rats. *Toksikologicheskij vestnik* [Poison control Messenger]. 2009, no. 5, pp. 9-14. (In Russian)
22. Watanabe I., Ichihashi Y., Tanabe Sh., Amano M., Miyozaki N., Petrov E.A., Tatsukawa R. Trace Element accumulation in Baikal seal (*Phoca sibirica*) from the lake Baikal. *Environmental Pollution*. 1996. Vol. 94, no. 2, pp. 169-179.
23. Pastukhov M.V., Cheshelskiy T. M., Epov V.N., Grebenshchikova V.I., Alieva V.I. Bioakkumulyaciya rtuti v bajkal'skoj nerpe i ee troficheskoy cepi oz. Baikal [Bioac-



cumulation of mercury in the Baikal nerpa and its food chain. Baikal]. *Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Rtut' v biosfere: jekologo-geohimicheskie aspekty», Moskva, 7-9 sentjabrja 2010.* [Proceedings of International Symposium «Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects», Moscow, 7-9 September 2010]. Moscow, 2010, pp. 304-309. (In Russian)

24. Ikemoto T., Kunito T., Watanabe I., Yasunaga G., Baba N., Miyazaki N., Petrov E.A., Tanabe Sh. Comparison of trace element accumulation in Baikal seals (*Pusa*

*sibirica*), Caspian seals (*Pusa caspica*) and northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). *Environmental Pollution*. 2004. Vol. 127, pp. 83-97

25. Anas R.E. 1974. Heavy metals in the northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, and harbor seal, *Phoca vitulina richardi*. *Fish. Bull.*, 72, pp. 133-137.

26. Zhulenko V.N., Rabinovich M.I., Talanov P.A. *Veterinarnaya toksikologiya* [Veterinary toxicology]. Moscow, Kolos Publ., 2001, 392 p. (In Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Татьяна С. Ершова\*** - кандидат биологических наук, доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования Астраханского государственного технического университета, тел. +7 905 363 07 49, ул. Татищева, 16 Е, Астрахань, 414056 Россия.

E-mail: [ershova@mail.ru](mailto:ershova@mail.ru)

**Вячеслав Ф. Зайцев** - доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, зав. кафедрой гидробиологии и общей экологии, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования Астраханского государственного технического университета, Астрахань, Россия

##### Критерии авторства

Татьяна С. Ершова проанализировала полученные данные, написала рукопись и несет ответственность за плагиат.

Вячеслав Ф. Зайцев проанализировал полученные данные, проверил рукопись до подачи в редакцию.

##### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 16.11.2015

#### AUTHOR INFORMATION

##### Affiliations

**Tatiana S. Ershova\*** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Sub-department of Applied Biochemistry and Microbiology, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Sciences, Astrakhan State Technical University, 16 E Tatishchev st., Astrakhan, 414056 Russia. E-mail: [ershova@mail.ru](mailto:ershova@mail.ru)

**Vyacheslav F. Zaitsev** - Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Hydrobiology and General Ecology, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Sciences, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

##### Contribution

Tatiana S. Ershova, analyzed the data, wrote the manuscript, and is responsible for avoiding plagiarism.

Vyacheslav F. Zaitsev, analyzed the data, made corrections in the manuscript prior to submission to the editor.

##### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 16.11.2015