

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-104-115  
УДК 574.2

## КОЭФФИЦИЕНТЫ НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РУССКОГО (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*, BRANDT, 1833) И ПЕРСИДСКОГО (*ACIPENSER PERSICUS*, BORODIN, 1897) ОСЕТРОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В. А. Чаплыгин<sup>1</sup>, А. С. Хурсанов<sup>2</sup>, Т. С. Ершова<sup>1</sup>, В. Ф. Зайцев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии,  
Астрахань, Российская Федерация

Рассмотрены возможные способы накопления химических элементов (цинк, медь, хром, никель, свинец, ртуть) в органах гидробионтов. В ходе исследования рассчитаны коэффициенты накопления в тканях и органах русского (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) и персидского (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) осетров химических элементов, содержащихся в воде северо-западной части Каспийского моря, донных отложениях и основных объектах питания осетров (бычок хвалынский (*Neogobius caspius*), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis*), каспийская пуголовка (*Benthophilus microcephalus*), вобла (*Rutilus rutilus caspicus*)). Исследования проводили согласно стандартной методике атомно-абсорбционной спектрометрии. Показано, что основным источником накопления исследованных химических элементов в органах и тканях русского и персидского осетров является вода северо-западной части Каспийского моря. Отмечено, что в качестве дополнительного источника цинка и ртути, обнаруженных в печени и почках осетровых, выступают донные отложения Каспийского моря. На основе рассчитанных коэффициентов накопления химических элементов выявлен преимущественно алиментарный характер накопления меди, никеля и ртути в органах осетров обоих видов.

**Ключевые слова:** коэффициенты накопления, химический элемент, жабры, мышцы, почки, печень, *Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser persicus*, Каспийское море.

**Для цитирования:** Чаплыгин В. А., Хурсанов А. С., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф. Коэффициенты накопления химических элементов в органах и тканях русского (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) и персидского (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) осетров Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 104–115. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-104-115.

### Введение

Химические элементы, включаясь в биогеохимический цикл водной экосистемы, способны аккумулироваться в гидробионтах [1–4]. Для бентосных организмов грунт является основным источником микроэлементов [4]. При этом бентосные организмы, являясь важными звеньями в пищевых цепях водоемов, играют огромную роль в концентрации и биогенной миграции микроэлементов [5, 6]. Различные представители семейства Gobiidae – важная составляющая часть экосистемы Каспийского моря, которые служат пищей для таких ценных видов рыб, как русский и персидский осетры [7].

На основании вышесказанного целью исследования является расчет коэффициентов накопления химических элементов в органах и тканях русского и персидского осетров относительно воды северо-западной части Каспийского моря, донных отложений и основных объектов их питания.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись русский и персидский осетры, а также вода северо-западной части Каспийского моря, донные отложения и объекты питания русского и персидского осетров: бычок хвалынский (*Neogobius caspius*), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis*), пуголовка (*Benthophilus microcephalus*), вобла (*Rutilus rutilus caspicus*).

В отношении русского и персидского осетров был проведен сравнительный анализ микроэлементного состава некоторых органов (жабры, мышцы, почки и печень). На основе выявленных концентраций химических элементов в органах и тканях русского и персидского осетров рассчитаны коэффициенты накопления относительно воды северо-западной части Каспийского моря, донных отложений и кормовых организмов.

Образцы проб воды, грунтов, рыб-бентофагов, органов и тканей осетровых видов рыб получены во время экспедиций на судах Волжско-Каспийского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КаспНИРХ») в 2013–2019 гг.

Определение микроэлементов в органах и тканях объектов исследования выполняли на кафедре «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета.

Исследования проводили согласно стандартной методике атомно-абсорбционной спектрометрии. Концентрацию Zn, Cu, Cr, Ni, Pb выражали в мг/кг сухого вещества, а Hg – в мг/кг сырого вещества.

Полученные результаты подвергали статистической обработке.

### Результаты исследований и их обсуждение

Содержание химических элементов в воде северо-западной части, грунтах северной и средней частей Каспийского моря, а также в гидробионтах, составляющих бентофауну, представлено в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация химических элементов в воде, грунте и рыбах-бентофагах

Химический элемент / Показатель	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Hg
Концентрация химических элементов в воде северо-западной части Каспийского моря, мкг/л	20,80 ± 0,47	3,93 ± 0,23	7,04 ± 0,15	6,74 ± 0,64	4,41 ± 0,26	0,058 ± 0,005
ПДК рыбохозяйственного значения, мкг/л [8]	50	5	–	10	10	0,10
Кларки химических элементов для морской воды, мкг/л [9]	50	20	–	3	5	0,03
Концентрации для грунта и рыб-бентофагов	мг/кг сухого вещества					мг/кг сырого вещества
Грунт	9,22 ± 0,41	9,06 ± 1,1	12,7 ± 1,7	12,8 ± 2,4	7,35 ± 0,84	0,016 ± 0,002
Кларк химических элементов для грунтов [10]	50	20	200	40	10	0,01
Рыбы-бентофаги (усредненное значение)	109,58 ± 17,25	4,15 ± 0,68	3,3 ± 0,09	4,57 ± 0,43	6,13 ± 0,27	0,02 ± 0,003
ДУ [11]	40	10	0,5	–	1	0,5

В исследованный период в воде северо-западной части Каспийского моря в наибольшем количестве отмечен цинк (20,80 ± 0,47 мг/кг). Далее по убыванию следовали хром и никель, причем выявленные различия в их содержании недостоверны ( $p > 0,05$ ), затем, по мере снижения концентрации, располагались свинец и медь, примерно в равных значениях. Ртуть находилась в минимальных количествах и составляла 0,058 ± 0,005 мкг/л. Следует отметить, что выявленные концентрации химических элементов не превышали соответствующие предельно допустимые концентрации (ПДК) рыбохозяйственного значения.

Нами показано, что значения Zn, Cu, Cr и Pb в воде северо-западной части Каспийского моря существенно ниже кларков химических элементов для морской воды, установленных А. П. Виноградовым [9]. В отличие от вышеуказанных металлов Ni и Hg превышали кларки почти в 2 раза.

Ряд убывания количества химических элементов в воде северо-западной части Каспийского моря представлен следующим образом:  $Zn > Cr \geq Ni > Pb \geq Cu > Hg$ .

В грунтах Каспийского моря в большей степени аккумулировались хром и никель ( $12,7 \pm 1,7$  и  $12,8 \pm 2,4$  мг/кг сухого вещества), достоверных различий в полученных концентрациях не выявлено ( $p > 0,05$ ). На фоне Cr и Ni концентрация цинка и меди в донных отложениях в 1,5 раза ниже, при этом различия в выявленных значениях Zn и Cu также недостоверны ( $p > 0,05$ ). В грунтах Каспийского моря количество ртути минимально ( $0,016 \pm 0,002$  мг/кг сырого вещества) по сравнению с уровнем изучаемых микроэлементов.

Концентрации химических элементов в грунтах Каспийского моря не превышали соответствующие кларки по А. П. Виноградову [9], за исключением ртути, накопление которой в донных отложениях в 1,6 раза выше значения кларка.

Химические элементы по содержанию в грунтах Каспийского моря располагались в следующем убывающем ряду:  $Cr \geq Ni > Zn \geq Cu > Pb > Hg$ .

Рыбы-бентофаги в максимальном количестве аккумулировали цинк, значение которого составляло  $109,58 \pm 17,25$  мг/кг сухого вещества, тогда как концентраций остальных химических элементов выявлено на порядок меньше. Так, степень накопления свинца в 18 раз ниже по сравнению с цинком, а меди и никеля – более чем в 24 раза. Меньше всего в исследованных объектах содержалось ртути ( $0,02 \pm 0,003$  мг/кг сырого вещества).

При сравнении обнаруженных концентраций в рыбах-бентофагах с допустимым уровнем, регламентированным СанПиН 2.3.2.1078-01, отмечено превышение в 3 раза нормируемой величины концентрации цинка и более чем в 6 раз концентрации хрома и свинца. Значения концентрации остальных исследованных химических элементов, были ниже допустимого значения.

Химические элементы по их содержанию в рыбах-бентофагах выстраивались в следующий убывающий ряд:  $Zn > Pb > Ni \geq Cu > Cr > Hg$ .

Цинк у русского и персидского осетров преимущественно аккумулировался в печени и почках, а в наименьшем количестве – в мышечной ткани (рис. 1).

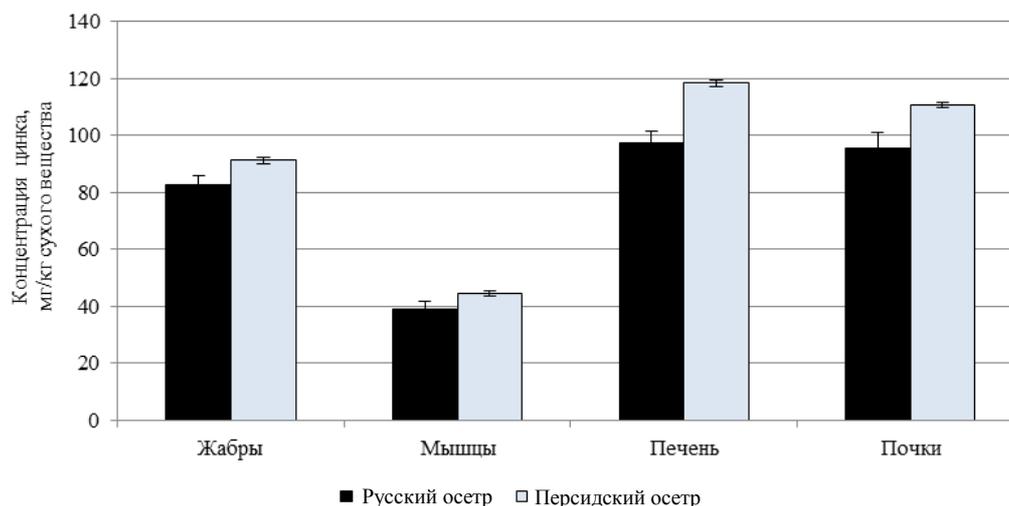


Рис. 1. Содержание цинка в органах и тканях русского и персидского осетров

При этом концентрация цинка выше в органах и тканях персидского осетра.

Рассчитанные коэффициенты накопления цинка в грунте свидетельствуют о том, что источником этого металла в органах и тканях русского и персидского осетров являлись донные отложения (табл. 2).

Коэффициенты накопления цинка

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $KH = C_i/C_{вода}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $KH = C_i/C_{грунт}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бентофагов, $KH = C_i/C_{рыб-бентофагов}$
Русский осетр			
Жабры	3 929	9	0,8
Мышцы	1 862	4	0,4
Печень	4 638	11	0,9
Почки	4 562	10	0,9
Персидский осетр			
Жабры	4 345	10	0,8
Мышцы	2 119	5	0,4
Печень	5 638	13	1,1
Почки	5 271	12	1,0

На основании данных, представленных в табл. 2, все исследованные органы русского и персидского осетров накапливали цинк не только из грунта, но и из воды, т. к. рассчитанные КН значительно превышали единицу.

Все исследованные органы и ткани русского и персидского осетров являлись накопителями цинка, причем в большей мере это относится к печени, почкам и жабрам. Показано, что, в отличие от русского, органы и ткани персидского осетра обладали большей способностью к аккумуляции этого металла не только относительно воды и грунта, но и объектов питания, о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты накопления цинка печени (КН = 1,1) и почек (КН = 1,0) персидского осетра.

На фоне исследованных органов и тканей русского и персидского осетров органом-накопителем меди являлась печень (рис. 2).

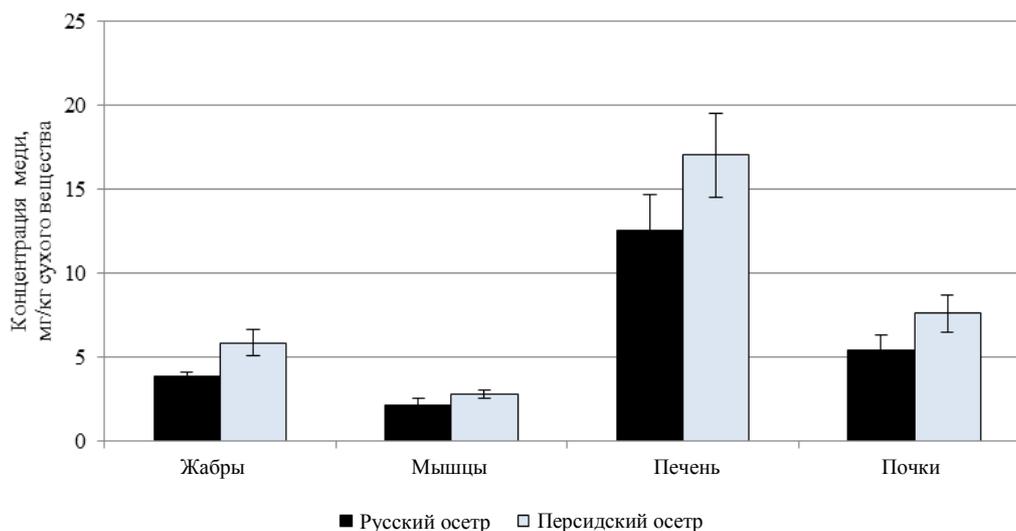


Рис. 2. Содержание меди в органах и тканях русского и персидского осетров

Концентрация меди в мышечной ткани минимальна. Органы и ткани персидского осетра, по сравнению с русским, более интенсивно аккумулировали данный металл.

Рассчитанные коэффициенты накопления меди в органах русского и персидского осетров относительно объектов их питания (рыб-бентофагов) свидетельствуют о переходе элемента по пищевой цепи. Это отражают коэффициенты накопления меди в печени и почках у обоих видов рыб (табл. 3).

## Коэффициенты накопления меди

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $KH = C_{\text{орган}}/C_{\text{вода}}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $KH = C_{\text{орган}}/C_{\text{грунт}}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бентофагов, $KH = C_{\text{орган}}/C_{\text{рыб-бентофагов}}$
Русский осетр			
Жабры	979	0,42	0,8
Мышцы	547	0,24	0,5
Печень	3 193	1,39	3,0
Почки	1 374	0,60	1,3
Персидский осетр			
Жабры	1 489	0,65	1,4
Мышцы	712	0,31	0,7
Печень	4 338	1,88	4,0
Почки	1 934	0,84	1,8

Наибольшее значение коэффициента накопления меди выявлено в печени рыб. Таким образом, по отношению к воде северо-западной части Каспийского моря исследованные органы осетровых видов рыб являлись концентраторами меди, т. к. КН значительно превышал 1.

Уровень содержания меди в жабрах тесно связан с концентрацией элемента в воде.

На фоне других исследованных органов печень русского и персидского осетров по отношению к усредненным значениям химического элемента донных отложений Каспийского моря также является органом-концентратором. Рассчитанные коэффициенты накопления печени значительно превышают (более чем в 3 раза) таковые жабр, что еще раз доказывает – основной путь поступления меди в организм рыб – алиментарный.

Как у русского, так и у персидского осетров *хром* в первую очередь накапливался в почках, где отмечено максимальное значение накопления металла (рис. 3).

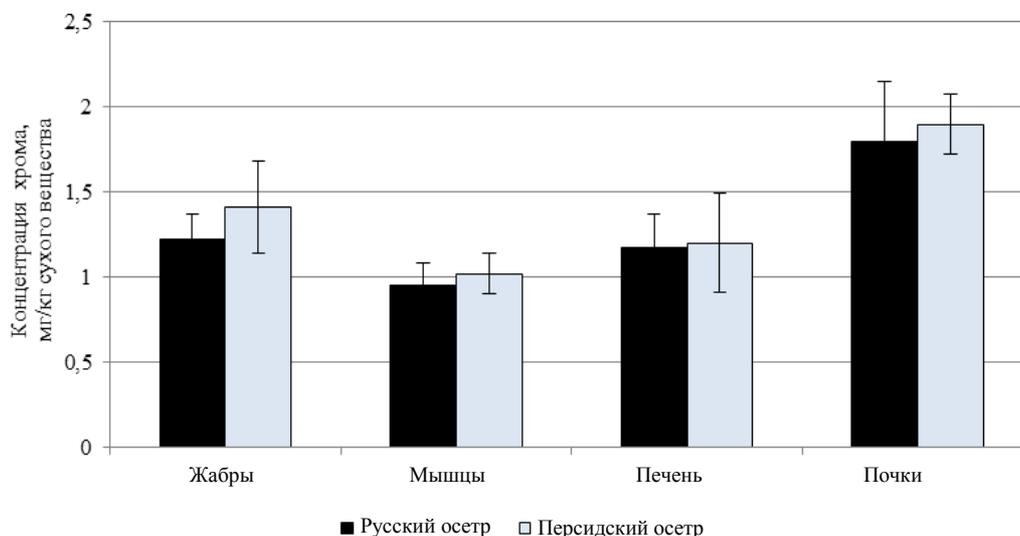


Рис. 3. Содержание хрома в органах и тканях русского и персидского осетров

Меньше всего он аккумулировался в печени и в мышцах обоих видов рыб. Выявленные различия в концентрациях хрома в органах и тканях русского и персидского осетров не достоверны ( $p > 0,05$ ).

Согласно представленным данным в табл. 4, следует отметить, что хром не переходит по цепям питания.

Коэффициенты накопления хрома

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $КН = C_i/C_{\text{вода}}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $КН = C_i/C_{\text{грунт}}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бентофагов, $КН = C_i/C_{\text{рыб-бентофагов}}$
Русский осетр			
Жабры	174	0,10	0,4
Мышцы	135	0,74	0,3
Печень	167	0,92	0,4
Почки	257	0,41	0,5
Персидский осетр			
Жабры	201	0,11	0,4
Мышцы	145	0,08	0,3
Печень	171	0,94	0,4
Почки	271	0,15	0,6

Об этом свидетельствуют рассчитанные коэффициенты накопления хрома в органах и тканях русского и персидского осетров относительно рыб-бентофагов.

Донные отложения Каспийского моря также не являются источником химического элемента для двух видов осетров. Коэффициенты накопления, рассчитанные для всех объектов исследования, ниже 1.

Единственным источником хрома для осетровых видов рыб является вода Каспийского моря. Коэффициенты накопления металла, рассчитанные относительно воды, значительно превышают 1.

Никель больше всего содержится в почках у обоих исследованных видов (рис. 4), а в мышцах рыб зафиксированы минимальные значения химического элемента.

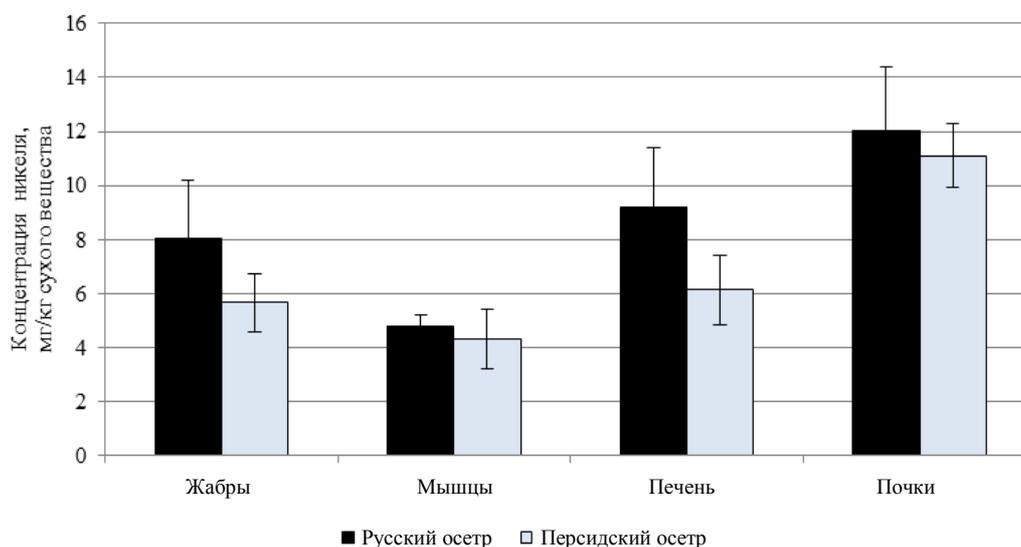


Рис. 4. Содержание никеля в органах и тканях русского и персидского осетров

По мнению Т. И. Моисеенко с соавторами, никель способен накапливаться во всех физиологических системах в зависимости от концентрации в воде, в максимальных количествах – в почках [2]. При этом отсутствуют достоверные различия в степени аккумуляции никеля органами и тканями между русским и персидским осетром.

Данные, представленные в табл. 5, свидетельствуют о преимущественном накоплении никеля из воды.

## Коэффициенты накопления никеля

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $КН = C_i/C_{\text{вода}}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $КН = C_i/C_{\text{грунт}}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бентофагов, $КН = C_i/C_{\text{рыб-бентофагов}}$
Русский осетр			
Жабры	1 150	0,6	1,7
Мышцы	686	0,4	1,1
Печень	1 314	0,7	2,0
Почки	1 721	0,9	2,6
Персидский осетр			
Жабры	809	0,4	1,2
Мышцы	614	0,3	0,9
Печень	876	0,5	1,3
Почки	1 584	0,9	2,4

Согласно табличным данным, для органов и тканей обоих видов осетров коэффициенты накопления никеля из донных отложений меньше единицы, поэтому указанные бентосные представители ихтиофауны Каспийского моря не являются накопителями этого элемента из грунта.

Коэффициенты накопления никеля в органах русского и персидского осетров относительно объектов их питания (рыб-бентофагов) демонстрируют переход химического элемента в пищевой цепи. Коэффициенты накопления никеля в печени русского и персидского осетров относительно объектов их питания больше единицы (табл. 5).

*Ртуть* в организме русского и персидского осетров накапливалась, прежде всего, в печени, о чем свидетельствуют данные, представленные на рис. 5.

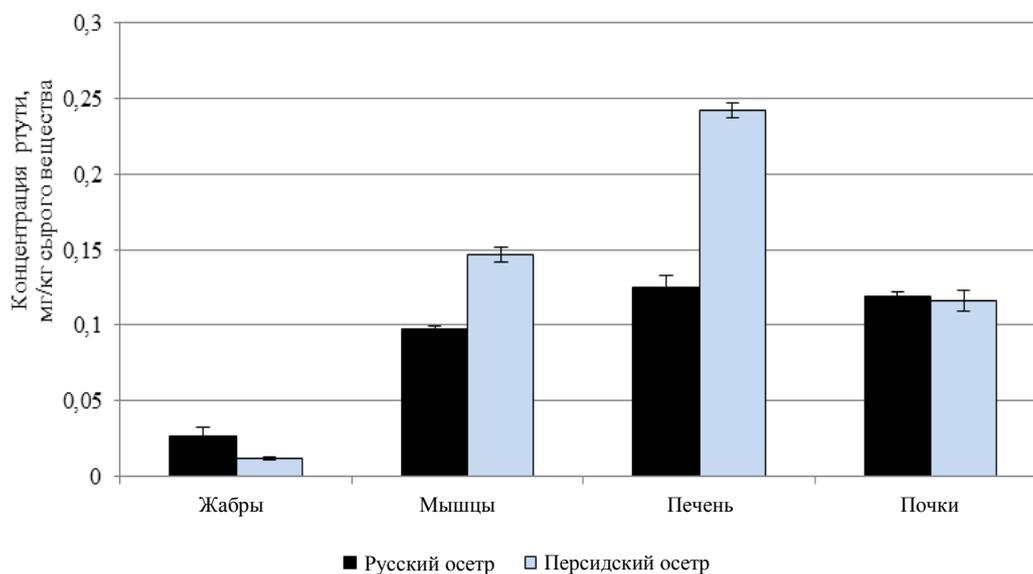


Рис. 5. Содержание ртути в органах и тканях русского и персидского осетров

Далее по накоплению следовали почки и мышечная ткань, замыкали этот ряд жабры рыб. Следует отметить, что у персидского осетра концентрация ртути в печени и мышцах больше, чем у русского.

На основании рассчитанных коэффициентов можно предположить, что морская вода представляет собой основной источник поступления ртути в организм рыб (табл. 6).

**Коэффициенты накопления ртути**

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $KH = C_i/C_{\text{вода}}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $KH = C_i/C_{\text{грунт}}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бенитофагов, $KH = C_i/C_{\text{рыб-бенитофагов}}$
Русский осетр			
Жабры	465	1,7	1,4
Мышцы	1 672	6,0	4,9
Печень	2 155	7,8	6,3
Почки	2 052	7,4	6,0
Персидский осетр			
Жабры	207	0,75	0,6
Мышцы	2 534	9,2	7,4
Печень	4 172	15,0	12,0
Почки	2 000	7,3	5,8

Кроме того, все указанные органы и ткани рыб накапливали ртуть и из грунта, хотя в данном случае КН на порядок меньше, чем аналогичный показатель относительно воды. Рассчитанный коэффициент накопления ртути органами русского и персидского осетров свидетельствует о том, что КН жабр относительно концентрации металла в воде и в грунте у русского осетра в 2 раза выше, чем у персидского. При этом жабры обоих видов осетров являются концентраторами ртути из воды.

Таким образом, рассчитанные КН печени и мышечной ткани значительно превышали таковые жабр, что еще раз доказывает – основной путь поступления ртути в организм рыб – алиментарный.

У обоих видов осетровых рыб органом-аккумулятором свинца являлись жабры и почки, причем у русского осетра способность накапливать этот химический элемент выше, чем у персидского (рис. 6).

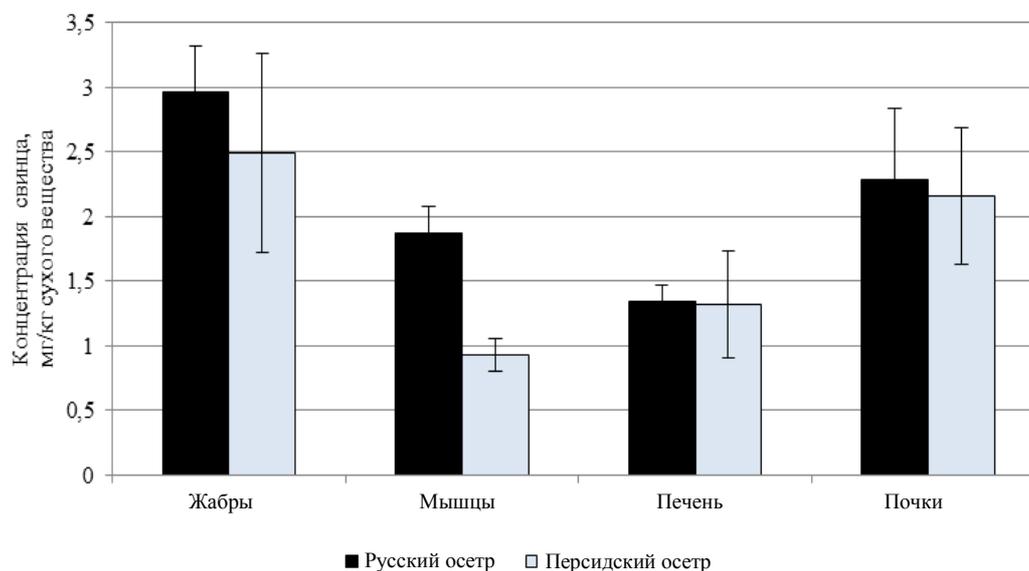


Рис. 6. Содержание свинца в органах и тканях русского и персидского осетров

На основании рассчитанных коэффициентов накопления свинца относительно воды Каспийского моря органами-мишенями для свинца являются все исследованные органы и ткани, но в большей мере это характерно для жабр и почек (табл. 7).

## Коэффициенты накопления свинца

Органы	Коэффициент накопления относительно воды, $КН = C_i/C_{\text{вода}}$	Коэффициент накопления относительно грунта, $КН = C_i/C_{\text{грунт}}$	Коэффициент накопления относительно рыб-бенитофагов, $КН = C_i/C_{\text{рыб-бенитофагов}}$
Русский осетр			
Жабры	742	0,4	0,5
Мышцы	469	0,3	0,3
Печень	337	0,2	0,2
Почки	578	0,3	0,4
Персидский осетр			
Жабры	356	0,3	0,4
Мышцы	232	0,1	0,2
Печень	330	0,2	0,2
Почки	539	0,3	0,4

Рассчитанные коэффициенты накопления свинца в органах русского и персидского осетров относительно объектов их питания (рыб-бенитофагов) свидетельствуют об отсутствии перехода химического элемента по пищевой цепи.

## Заключение

Таким образом, основным источником исследованных химических элементов для русского и персидского осетров является вода северо-западной части Каспийского моря, при этом лучше всего поступают с водой цинк и ртуть. Хуже всего эта способность выражена у хрома, коэффициенты накопления которого на порядок ниже. Для русского и персидского осетров донные отложения являются источником цинка и ртути. Именно в этих случаях отмечены коэффициенты накопления выше единицы. При этом в отличие от коэффициентов накопления относительно воды диапазон значений показателей относительно донных отложений составляет от 1 до 10. Значения коэффициентов накопления меди, никеля и ртути органами и тканями русского и персидского осетров относительно объектов их питания составляли более единицы, что свидетельствует о способности этих химических элементов переходить по пищевой цепи у обоих видов осетров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов А. П.* Химический элементарный состав организмов моря: моногр. М.: Наука, 2001. 620 с.
2. *Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашикина Н. А.* Рассеянные элементы в поверхностных водах суши // Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
3. *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.
4. *Ковековдова Л. Т., Симоконов М. В.* Ртуть в донных отложениях и промысловых гидробионтах залива Петра Великого (Японское море) // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симпоз. М., 2010. С. 233–238.
5. *Глазунова И. А.* Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб // Изв. Алтайс. гос. ун-та. Сер.: Химия. География. Биология. 2005. № 3. С. 90–93.
6. *Чаплыгин В. А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф.* Трансформация металлов в системе «грунт – пищевые цепи осетровых» Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 3. С. 138–143.
7. *Тихонова Э. Ю.* Питание осетра разных размерных групп в западной части Северного Каспия летом 2015 г. // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: материалы докл. Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Татарского отд-ния ГОС-НИОРХ (Казань, 24–29 октября 2016 г.). СПб.: Изд-во Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва им. Л. С. Берга, 2016. С. 1029–1033.
8. *Об утверждении* нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 (в ред. от 10 марта 2020 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 15.07.2020).

9. *Виноградов А. П.* Химический элементарный состав планктона Черного, Азовского и Каспийского морей // Биохимия морских организмов. Киев, 1967. С. 70–83.
10. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 298 с.
11. *СанПиН № 2.3.2.1078-01.* Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов от 06.11.2001 к постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 № 36 «О введении в действие санитарных правил». URL: <https://base.garant.ru/4178234/> (дата обращения: 15.07.2020).

Статья поступила в редакцию 30.08.2020

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Владимир Александрович Чаплыгин* – канд. биол. наук, ассистент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; [wladimirchap@yandex.ru](mailto:wladimirchap@yandex.ru).

*Алишер Саидович Хурсанов* – старший специалист лаборатории водных проблем и токсикологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Россия, 414056, Астрахань; [72\\_alisher\\_92@mail.ru](mailto:72_alisher_92@mail.ru).

*Татьяна Сергеевна Ершова* – канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; [ershova\\_ts@mail.ru](mailto:ershova_ts@mail.ru).

*Вячеслав Федорович Зайцев* – д-р с.-х. наук, профессор; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; [viacheslav-zaitsev@yandex.ru](mailto:viacheslav-zaitsev@yandex.ru).



## COEFFICIENTS OF ACCUMULATING CHEMICAL ELEMENTS IN ORGANS AND TISSUES OF RUSSIAN (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*, BRANDT, 1833) AND PERSIAN (*ACIPENSER PERSICUS*, BORODIN, 1897) STURGEONS OF CASPIAN SEA

*V. A. Chaplygin<sup>1</sup>, A. S. Khursanov<sup>1</sup>, T. S. Ershova<sup>2</sup>, V. F. Zaitsev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute fisheries and oceanography,  
Astrakhan, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** The article is focused on the possible ways of accumulating chemical elements (zinc, copper, chromium, nickel, lead, mercury) in the organs of aquatic organisms. In the course of the study, the coefficients of accumulating the chemical elements in the organs and tissues were calculated for the Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) and Persian sturgeons (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) relative to the water of the northwestern part of the Caspian Sea, bottom sediments and the main objects of their food (Khvalyn goby (*Neogobius caspius*), Sandpiper goby (*Neogobius fluviatilis*), Caspian goblin (*Benthophilus microcephalus*), roach (*Rutilus rutilus caspi-*

cus)). The studies were carried out according to the standard method of atomic absorption spectrometry. It is shown that the main source of accumulating the studied chemical elements in the organs and tissues of the Russian and Persian sturgeons is the water of the northwestern part of the Caspian Sea. It was found that the bottom sediments of the Caspian Sea act as an additional source of zinc and mercury found in the liver and kidneys of sturgeon species. Based on the calculated accumulation coefficients of chemical elements, there was revealed a predominantly alimentary nature of accumulating copper, nickel and mercury in the organs of both sturgeon species.

**Key words:** accumulation factors, chemical element, gills, muscles, kidneys, liver, *Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser persicus*, Caspian Sea.

**For citation:** Chaplygin V. A., Khursanov A. S., Ershova T. S., Zaitsev V. F. Coefficients of accumulating chemical elements in organs and tissues of Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833) and Persian (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897) sturgeons of Caspian Sea. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;2:104-115. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-104-115.

#### REFERENCES

1. Vinogradov A. P. *Khimicheskii elementarnyi sostav organizmov moria: monografiia* [Chemical elementary composition of sea organisms: monograph]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 620 p.
2. Moiseenko T. I., Kudriavtseva L. P., Gashkina N. A. *Rasseiannye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushi. Tekhnofil'nost', bioakkumulatsiia i ekotoksikologiia* [Scattered elements in inland surface waters. Technophilicity, bioaccumulation and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 261 p.
3. Vorob'ev V. I., Zaitsev V. F., Shcherbakova E. N. *Biogennaia migratsiia tiazhelykh metallov v organizme russkogo osetra* [Biogenic migration of heavy metals in body of Russian sturgeon]. Astrakhan', Izd-vo OOO «TsNTEP», 2007. P. 116.
4. Kovekovdova L. T., Simokon' M. V. *Rtut' v donnykh otlozheniiakh i promyslovykh gidrobiontakh zaliva Petra Velikogo (Iaponskoe more)* [Mercury in bottom sediments and commercial aquatic organisms in the Bay of Peter the Great (Sea of Japan)]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma*. Moscow, 2010. Pp. 233-238.
5. Glazunova I. A. *Osobennosti raspredeleniia i nakopleniia tiazhelykh metallov v organakh i tkaniakh ryb* [Specific features of distribution and accumulation of heavy metals in organs and tissues of fish]. *Izvestiia Altaiiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiia. Geografiia. Biologiia*, 2005, no. 3, pp. 90-93.
6. Chaplygin V. A., Ershova T. S., Zaitsev V. F. *Transformatsiia metallov v sisteme «grunt – pishchevyi tsepi osetrovnykh» Kaspiiskogo moria* [Metals transformation in system “soil - sturgeon food chains” of the Caspian Sea]. *Iug Rossii: ekologiia, razvitie*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 138-143.
7. Tikhonova E. Iu. *Pitanie osetra raznykh razmernykh grupp v zapadnoi chasti Severnogo Kaspiiia letom 2015 g.* [Feeding of sturgeon of different size groups in western part of the Northern Caspian in summer of 2015]. *Sovremennoe sostoianie bioresursov vnutrennikh vodoemov i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniia: materialy dokladov Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posviashchennoi 85-letiiu Tatarskogo otdeleniia GOSNIORKh (Kazan', 24–29 oktiabria 2016 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo Gos. NII ozer. i rech. ryb. khoz-va im. L. S. Berga, 2016. Pp. 1029-1033.
8. *Ob utverzhenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znacheniia, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znacheniia. Prikaz Minsel'khoza RF ot 13 dekabria 2016 g. № 552 (v red. ot 10 marta 2020 g.)* [On approval of quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in water bodies of fishery significance. Order of the RF Ministry of Agriculture dated December 13, 2016 No. 552 (amended on March 10, 2020)]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (accessed: 15.07.2020).
9. Vinogradov A. P. *Khimicheskii elementarnyi sostav planktona Chernogo, Azovskogo i Kaspiiskogo morei* [Chemical elemental composition of plankton of Black, Azov and Caspian seas]. *Biokhimiia morskikh organizmov*. Kiev, 1967. Pp. 70-83.
10. Vinogradov A. P. *Geokhimiia redkikh i rasseiannykh khimicheskikh elementov v pochvakh* [Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1957. 298 p.
11. SanPiN № 2.3.2.1078-01. *Gigienicheskie trebovaniia bezopasnosti i pishchevoi tsennosti produktov ot 06 noiabria 2001 g.* [SanPiN No. 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of products dated November 06, 2001]. Available at: <https://base.garant.ru/4178234/> (accessed: 15.07.2020).

The article submitted to the editors 30.08.2020

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Vladimir A. Chaplygin** – Candidate of Biology, Assistant of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; wladimirchap@yandex.ru.

**Alisher S. Khursanov** – Senior Specialist, Laboratory of Water Problems and Toxicology; Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Russia, 414056, Astrakhan; 72\_alisher\_92@mail.ru.

**Tatiana S. Ershova** – Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; ershova\_ts@mail.ru.

**Viacheslav F. Zaytsev** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; viacheslav-zaitsev@yandex.ru.

