

СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO* L.) В БАСЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

© 2022

Хасанова Р.Ф.^{1,2}, Суяндукоев Я.Т.^{1,2}, Семенова И.Н.^{1,2}, Шаранова Д.И.³, Баимова С.Р.³

¹Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета

(г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация)

²Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Сибайский филиал

(г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация)

³Башкирский государственный университет (г. Уфа, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье рассматриваются региональные особенности загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Изучено содержание тяжелых металлов в воде реки Урал в пределах Республики Башкортостан (РБ), Челябинской и Оренбургской областей, а также ее правого притока – р. Худолаз, находящейся в зоне влияния промышленных предприятий города Сибай и характеризующейся высоким содержанием загрязнителей. Отмечено, что в рассматриваемом отрезке длиной около 60 км вниз по течению р. Урал наблюдается постепенное снижение концентрации токсичных элементов в результате процессов самоочищения. Исследования элементного состава мышечной ткани и чешуи карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.), обитающего в р. Худолаз на территории города Сибай, показало высокие концентрации в них тяжелых металлов. Мышечная ткань и чешуя аккумулируют тяжелые металлы в разной степени, что обусловлено функциональной особенностью указанных органов, их аккумулятивной активностью и химическими свойствами самого металла. В наибольшем количестве Cu, Fe, Co накапливаются в мышечной ткани, а Zn, Mn – в чешуе. По накоплению Ni и Pb подобной закономерности не выявлено. В мышечной ткани элементы распределены следующим образом: Fe > Zn > Ni > Mn = Co > Cu > Pb, в чешуе – Zn > Fe > Mn > Co > Ni > Cu > Pb. В обоих рядах распределения элементов преобладают Fe, Zn, а наименьшие концентрации характерны для Pb. Корреляционный анализ выявил наличие прямой статистически значимой связи между содержанием тяжелых металлов в воде и тканях карпа обыкновенного: сильную – в мышцах ($r = 0,95 \div 0,98$) и среднюю – в чешуе ($r = 0,34 \div 0,55$).

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды; химические элементы; тяжелые металлы; аккумуляция; техногенное воздействие; Южный Урал; река Урал; река Худолаз; мышечная ткань; чешуя; карп обыкновенный; *Cyprinus carpio* L.

CONTENT AND DISTRIBUTION FEATURES OF HEAVY METALS IN THE TISSUE OF *CYPRINUS CARPIO* L. IN THE URAL RIVER BASIN

© 2022

Khasanova R.F.^{1,2}, Suyundukov Ya.T.^{1,2}, Semenova I.N.^{1,2}, Sharanova D.I.³, Baimova S.R.³

¹Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

²Institute of Strategic Studies of Republic of Bashkortostan, Sibay Branch

(Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

³Bashkir State University (Ufa, Russian Federation)

Abstract. This paper discusses regional features of environmental pollution by heavy metals. The authors have studied the content of heavy metals in the water of the Ural River within the Republic of Bashkortostan (RB), Chelyabinsk and Orenburg Regions, as well as its right tributary, the Khudolaz River, located in the zone of influence of industrial enterprises of the city of Sibay and characterized by a high content of pollutants. It is noted that in the considered segment with a length of about 60 km downstream of the Ural River, a gradual decrease in the concentration of toxic elements is observed as a result of self-purification processes. Studies of the elemental composition of muscle tissue and scales of the common carp (*Cyprinus carpio* L.), living in the Khudolaz River on the territory of the city of Sibay, showed high concentrations of heavy metals in them. Muscle tissue and scales accumulate heavy metals to varying degrees, which is due to the functional feature of these organs, their accumulative activity and the chemical properties of the metal itself. The greatest amount of Cu, Fe, Co accumulate in muscle tissue, while Zn, Mn – in scales. No similar pattern has been revealed for the accumulation of Ni and Pb. In muscle tissue, the elements are distributed as follows: Fe > Zn > Ni > Mn = Co > Cu > Pb, in scales – Zn > Fe > Mn > Co > Ni > Cu > Pb. Fe, Zn predominate in both series of element distribution, while the lowest concentrations are characteristic of Pb. A correlation analysis has revealed a presence of a direct statistically significant relationship between the content of heavy metals in water and the tissues of common carp: strong – in muscles ($r = 0,95–0,98$) and medium – in scales ($r = 0,34–0,55$).

Keywords: environmental pollution; chemical elements; accumulation; technogenic impact; Southern Urals; Ural River; Khudolaz River; muscle; scales; heavy metals; *Cyprinus carpio* L.

Введение

Территория Южного Урала богата многочисленными месторождениями полиметаллических руд, разработка которых способствовала техногенному загрязнению природной среды, в том числе поверх-

ностных вод [1; 2]. Крупным водным объектом данного региона является река Урал, протекающая по территориям Башкортостана, Челябинской и Оренбургской областей, Казахстана и впадающая в Каспийское море [3].

В бассейне р. Урал расположены города (Верхнеуральск, Магнитогорск в Челябинской и Орск, Новотроицк, Оренбург в Оренбургской областях, г. Сибай – в Республике Башкортостан), где функционируют крупные промышленные предприятия. Горнорудные и металлургические комбинаты и другие промышленные объекты загрязняют реки сточными водами, содержащими различные токсиканты, которые из воды по трофическим цепям поступают в живые организмы и аккумулируются в них [4]. Деятельность горнорудных предприятий на исследуемой территории негативным образом отражается на состоянии окружающей среды [5] и, в целом, на здоровье населения [6; 7].

Река Худолаз (Туяляс) берет начало на хребте Ирндык в пределах Баймакского района Башкортостана и впадает в р. Урал на территории Кизильского района Челябинской области. Загрязнение реки происходит под воздействием сбрасываемых сточных вод Сибайского филиала Учалинского горно-обогатительного комбината, дренажа из хвостохранилищ и выщелачивания отвальных пород.

Элементы, входящие в группу тяжелых металлов, можно отнести к консервативным нерастворимым в воде загрязняющим веществам. В то же время их химические соединения присутствуют в водных растворах в виде ионов, и в такой форме данные токсиканты становятся доступными для живых организмов [8]. Многие соединения тяжелых металлов являются неотъемлемой составной частью организма, так как входят в состав ферментов, витаминов и гормонов [9].

Экологические показатели водного объекта и ихтиофауны во многом коррелируют между собой. В отличие от человека и высших животных рыбы поглощают токсичные металлы осмотически – через жабры и кожу. Муцин слизи активно связывает элементы, накапливая их на поверхности тела. Из организма рыб токсичные элементы и их метаболиты выводятся через жабры, кожу, почки. Если количество выделяемого металла меньше, чем поступившего за тот же промежуток времени, создаются условия для его кумуляции [10].

Опасность повышения концентрации тяжелых металлов в воде объясняется тем, что физиологическая потребность рыб в этих элементах весьма незначительна и при повышенном поступлении их в организм из внешней среды возникают различные токсические эффекты, ведущие к нарушению жизнедеятельности [11].

В связи с этим, с одной стороны, актуальным является исследование содержания и распределения тяжелых металлов в органах рыб р. Урал, имеющей важное пищевое значение для населения, с другой – сведения о микроэлементном составе органов и тканей рыб можно использовать для оценки качества водоема.

Целью данной работы являлось исследование содержания и распределения тяжелых металлов в тканях карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.), обитающего в водах р. Урал и его правого притока – р. Худолаз.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на территориях Республики Башкортостан (РБ), Челябинской и Оренбургской областей (рис. 1, таблица 1).



Рисунок 1 – Карта-схема расположения пробных площадей

Пробы воды отбирались в июле-августе 2020 года в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [12]. Оценка геохимического состава воды рек проводилась на основании сопоставления концентраций определяемых веществ с ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{р/х}) [13].

В качестве объекта исследования был выбран карп обыкновенный *Cyprinus carpio* L., являющийся одним из преобладающих видов ихтиофауны р. Урал и имеющий широкое распространение в изучаемых поверхностных водах. Рыба вылавливалась на ПП3 (р. Худолаз на территории города Сибай) и ПП7 (р. Урал вблизи д. Урал Баймакского района). Для ловли рыбы использовались ставные жаберные сети. Средняя проба составлялась из 40 штук рыб, очищенных от внутренностей. Мышечная ткань рыб, отделенная от костей, и чешуя высушивались, измельчались до порошкообразного состояния и использовались для определения содержания свинца, кобальта, никеля, меди, цинка, марганца и железа методом атомной абсорбции.

Для характеристики уровня содержания меди, цинка и свинца в тканях рыб полученные концентрации сравнивали с нормативами СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.560-96 [14; 15], содержания железа, никеля и марганца – по А.С. Ваганову [16].

Для количественной оценки кумуляции токсичных элементов использовали коэффициент накопления (K_n), который представляет собой отношение максимального содержания металла в организме рыб (мг/кг) к его концентрации в воде (мг/л). В зависимости от величины K_n оценивалась степень накопления вещества по классификации К.К. Врочинского, соответствующая группе: слабая – $K_n \leq 50$; умеренная – $51 \leq K_n \leq 200$; высокая – $201 \leq K_n \leq 1000$; сверхвысокая $K_n > 1000$ [17].

Результаты и их обсуждение

Результаты геохимического исследования проб воды р. Урал представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных выявил, что значения рН воды р. Урал варьируют от 6,3 до 7,9, что не превышает ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДКр/х). Концентрации токсичных элементов в воде пробных площадей, расположенных в верхних участках р. Урал, превышали ПДКр/х по всем исследуемым элементам: меди – до 6 ПДК, цинка – до 2,8 ПДК, железа – до 6,9 ПДК, никеля – до 1,6 ПДК, марганца – до 3,0 ПДК, кобальта – до 19,0 ПДК, свинца – до 1,3 ПДК. Вниз по течению (в ПП8 и ПП9) содержание тяжелых металлов в воде постепенно снижалось до уровня ПДК (0,3 мг/дм³) [18], за исключением железа, концентрация которого составила 1,5 ПДК. Наиболее высокие концентрации элементов были обнаружены в воде р. Худолаз (ПП2) на территории г. Сибай, где превышение ПДКр/х по меди составило 15,0 раз, цинку – 25,1, железу – 13,5, никелю – 1,9, марганцу – 9,5, кобальту – 22,0 и свинцу – 1,3 раза (табл. 3). Вниз по течению реки (ПП3) содержание большинства металлов снизилось до уровня ПДК, кроме кобальта и железа.

Ранее было показано, что, несмотря на загрязнение поверхностных вод исследуемой территории токсичными элементами, качество питьевой воды в основном соответствует нормативным значениям, за исключением концентрации железа и марганца, в ряде случаев превышающей их [19].

Исследования элементного состава мышечной ткани и чешуи карпа обыкновенного *Cyprinus carpio* L. показали, что концентрация тяжелых металлов в воде коррелирует с их содержанием в тканях рыбы (табл. 4).

Содержание изучаемых элементов в органах рыб, выловленных в р. Худолаз на территории города Сибай, было существенно выше, чем в образцах, отоб-

ранных в р. Урал в районе д. Урал Баймакского района. Исключение составили лишь незначительные концентрации свинца в чешуе рыбы вне зависимости от места вылова рыбы.

Корреляционный анализ выявил сильную ($r = 0,95 \div 0,98$) положительную связь между содержанием токсичных элементов в воде и мышцах рыб и среднюю ($r = 0,34 \div 0,55$) – в воде и чешуе рыб.

Следует отметить, что как в р. Худолаз, так и в р. Урал отмечено превышение допустимых концентраций в тканях карпа по содержанию цинка, железа, никеля, марганца и кобальта. Содержание меди и свинца не превышало допустимых значений.

Мышечная ткань и чешуя аккумулируют токсичные металлы в разной степени, что обусловлено функциональной особенностью органов, их аккумулятивной активностью и химическими свойствами самого металла. В наибольшем количестве Cu, Fe, Co накапливаются в мышечной ткани, а Zn, Mn – в чешуе. По накоплению Ni и Pb такой четкой закономерности не выявлено. В мышечной ткани элементы распределены следующим образом: Fe > Zn > Ni > Mn = Co > Cu > Pb, в чешуе – Zn > Fe > Mn > Co > Ni > Cu > Pb. В обоих рядах распределения элементов преобладают Fe, Zn, а наименьшие концентрации характерны для Pb. Это объясняется интенсивной аккумуляцией в организме элементов, принимающих активное участие в протекании физиологических процессов (дыхание, кровообразование, депонирование и выделение) [20; 21]. Высокий уровень железа, вероятнее всего, обусловлен тем, что роль данного элемента связана с дыхательной и кровеносной системами, обеспечивающими процессы переноса кислорода.

Для изучения биогенной миграции химических элементов в органы рыб по средним показателям рассчитаны коэффициенты накопления (K_n) (табл. 5).

Таблица 1 – Характеристика и координаты пробных площадей

Пробные площадки (ПП)	Река	Регион	Локация	Координаты
ПП1	Урал	Челябинская область	с. Кизильское	52°43'36,6" с.ш., 58°54'26,5" в.д.
ПП2	Худолаз	Республика Башкортостан	г. Сибай, в 15 км до впадения в р. Урал	52°44'12,8" с.ш., 58°44'10,0" в.д.
ПП3	Худолаз	Челябинская область	на участке впадения р. Худолаз в р. Урал	52°39'15,1" с.ш., 58°58'34,4" в.д.
ПП4	Урал	Челябинская область	п. Урал	52°37'24,9" с.ш., 58°59'36,2" в.д.
ПП5	Урал	Оренбургская область	с. Березовка	52°21'39,4" с.ш., 58°57'20,6" в.д.
ПП6	Урал	Оренбургская область	д. Верхняя Кардаилловка	52°16'36,9" с.ш., 58°56'15,6" в.д.
ПП7	Урал	Республика Башкортостан	д. Урал	52°16'18,6" с.ш., 58°54'01,8" в.д.
ПП8	Урал	Республика Башкортостан	ниже д. Урал в 5 км	52°15'25,1" с.ш., 58°53'35,7" в.д.
ПП9	Урал	Оренбургская область	д. Уртазым	52°12'11,3" с.ш., 58°50'57,0" в.д.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах р. Урал, мг/дм³

Пробные площадки (ПП)	рН	Cu	Zn	Fe	Ni	Mn	Co	Pb
ПП1	7,9	0,002	0,022	0,689	0,016	0,03	0,019	0,006
ПП4	7,8	0,003	0,028	0,636	0,011	0,005	0,018	0,008
ПП5	7,4	0,006	0,014	0,187	0,013	0,005	0,005	0,002
ПП6	6,3	0,004	0,021	0,162	0,015	0,005	0,006	0,007
ПП7	7,1	0,002	0,004	0,174	0,012	0,004	0,006	0,002
ПП8	7,4	0,003	0,009	0,179	0,008	0,003	0,007	0,003
ПП9	6,8	0,001	0,002	0,145	0,01	0,007	0,008	0,004
ПДКр/х [13]	6,5–8,5	0,001	0,01	0,1	0,01	0,01	0,001	0,006

Таблица 3 – Содержание токсичных элементов в поверхностных водах р. Худолаз, мг/дм³

Пробные площадки (ПП)	pH	Cu	Zn	Fe	Ni	Mn	Co	Pb
ПП2	7,8	0,015	0,251	1,346	0,019	0,095	0,022	0,008
ПП3	7,7	0,009	0,065	1,809	0,014	0,079	0,022	0,004
ПДКр/х [13]	6,5–8,5	0,001	0,01	0,1	0,01	0,01	0,001	0,006

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани и чешуе карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.), мг/кг

Пробные площадки (ПП)	Cu	Zn	Fe	Ni	Mn	Co	Pb
Р. Урал							
ПП1	4,48/0,2	238,1/254,1	542,1/95,4	1,7/2,2	25,2/60,4	3,2/3,7	1,25/0,02
ПП4	2,05/0,17	206,2/223,1	654,5/111,2	1,5/3,4	43,1/54,3	4,9/3,8	1,02/0,02
ПП5	1,1/0,05	103,5/203,1	552,3/89,1	1,3/2,1	32,3/52,4	2,1/3,0	0,5/0,02
ПП6	0,8/0,1	100,4/220,1	501,2/88,1	0,9/1,7	21,3/50,4	2,03/3,2	0,75/0,02
ПП7	0,5/0,1	70,3/132,1	475,1/74,4	1,3/1,9	20,1/52,3	2,2/3,2	0,02/0,02
ПП8	0,8/0,1	84,1/111,2	354,4/60,4	1,4/1,5	22,3/51,2	2,3/3,1	0,4/0,02
ПП9	0,88/0,05	88,5/120,3	747,5/102,1	0,82/1,5	24,1/50,1	2,2/3,3	0,02/0,02
Р. Худолаз							
ПП2	2,75/0,61	257,1/267,2	758,3/125,4	4,5/2,4	150,5/164,4	4,9/4,1	0,75/0,2
ПП3	2,47/0,34	243,2/274,1	1206,1/301,2	6,5/3,9	180,2/185,3	3,5/3,5	0,02/0,02
Допустимые уровни, не более	10	40	30	0,5	10	0,5	1,0

Примечание. В числителе значения содержания элементов в мышце, в знаменателе – в чешуе.

Таблица 5 – Особенности накопления металлов в мышечной ткани и чешуе *Cyprinus carpio* L.

Тяжелые металлы	В мышечной ткани				В чешуе			
	р. Худолаз		р. Урал		р. Худолаз		р. Урал	
	К _н	Степень	К _н	Степень	К _н	Степень	К _н	Степень
Cu	107	У	440	В	34	СЛ	85	У
Zn	1017	СВ	29500	СВ	1089	СВ	39500	СВ
Fe	896	В	3241	СВ	186	У	535	В
Ni	302	В	108	У	168	У	225	В
Mn	1797	СВ	9500	СВ	1937	СВ	14025	СВ
Co	178	У	633	В	170	У	583	В
Pb	25	СЛ	<10	СЛ	<2,5	СЛ	<10	СЛ

Примечание. Степень накопления тяжелых металлов: СЛ – слабая, У – умеренная, В – высокая, СВ – сверхвысокая.

Расчеты показали, что независимо от уровня концентрации в воде цинк и марганец имеют сверхвысокую, свинец – слабую способность накапливаться как в мышечных тканях, так и в чешуе. В то же время следует отметить, что в воде р. Урал с низким содержанием цинка и марганца (0,004 мг/л) значения коэффициентов их накопления в органах *Cyprinus carpio* L. значительно (в 29–36 раз) выше, чем в воде р. Худолаз с более высокими (соответственно 0,251 и 0,095 мг/л) концентрациями этих элементов.

Накопление в тканях рыбы меди в целом выше, чем свинца. При этом в мышечной ткани она аккумулируется в большем количестве, чем в чешуе. Так, в р. Худолаз в мышечной ткани она аккумулирова-

лась в умеренной, в чешуе – в слабой степени, в р. Урал – в высокой и умеренной соответственно. Относительно накопления железа наблюдается такая же закономерность, однако во всех случаях оно на порядок выше по сравнению с накоплением меди.

Накопление кобальта в тканях рыбы относительно невысокое. В условиях более высокого содержания данного металла в воде р. Худолаз (0,022 мг/л) степень накопления умеренная, в то время как при низком содержании в воде р. Урал (0,006 мг/л) – высокая, причем как в мышечной ткани, так и в чешуе. Никель активнее накапливается в мышцах карпа в условиях р. Худолаз, а в чешуе – в условиях р. Урал.

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что р. Урал испытывает комплексное воздействие природных и антропогенных факторов. Вода р. Худолаз, которая является притоком р. Урал, характеризуется высокими концентрациями токсичных элементов в результате загрязнения промышленными и городскими стоками, что находит отражение в повышенном содержании токсичных элементов в органах карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.).

В целом, для тканей карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.) характерно высокое содержание железа, цинка и марганца, низкое – свинца, что совпадает с имеющимися в литературе сведениями [22–24]. Данный факт объясняется активным накоплением в организме элементов, принимающих участие в протекании физиологических процессов, таких как дыхание, кроветворение, выделение и т.д. [25].

Результаты исследования органов и тканей рыб на содержание и распределение тяжелых металлов в них позволили выявить наиболее неблагоприятные в отношении цинка, железа, никеля и марганца участки притока р. Урал – р. Худолаз. Следовательно, данные участки изученных рек испытывают высокую техногенную нагрузку и характеризуются высокими концентрациями изучаемых элементов, некоторые из них накапливаются в рыбах.

Список литературы:

1. Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М. Гидрогеохимия горнорудных районов // Геохимия. 2016. № 9. С. 829–840. DOI: 10.7868/S0016752516080021.
2. Ильбулова Г.Р., Хасанова Р.Ф., Суяндукоев Я.Т., Букунова Г.Г., Семенова И.Н. Содержание тяжелых металлов в компонентах речных экосистем горнорудных территорий Республики Башкортостан // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Качество воды и водные биоресурсы (VII Любимцевские чтения): мат-лы междунар. науч. чтений, Тольятти, 6–9 апреля 2020 года / под ред. Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. Тольятти: Анна, 2020. С. 67–71. DOI: 10.24411/9999-039A-2020-10014.
3. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана / под ред. А.М. Гареева. Уфа: Китап, 2001. 258 с.
4. Попов П.А. О некоторых теоретических аспектах икhtiомониторинга // Сибирский экологический журнал. 2004. Т. 11, № 4. С. 507–512.
5. Абакумов Е.В., Суяндукоев Я.Т., Пигарева Т.А., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Биктимерова Г.Я., Рафикова Ю.С., Ильбулова Г.Р. Биологическая и санитарная оценка отвалов Сибайского карьера Республики Башкортостан // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 10. С. 929–934.
6. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С. Показатели здоровья детей, проживающих в зоне воздействия горнорудных предприятий // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 9. С. 113–114.
7. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Khasanova R.F., Suyandukov Ya.T. Analysis of metal content in soils near abandoned mines of Bashkir Trans-Urals and in the hair of children living in this territory // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2018. Vol. 50. P. 664–670. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.06.017.
8. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / пер. с англ. Д.В. Гричука и др. М.: Мир, 1987. 285 с.
9. Биохимия: учебник. 5-е изд., испр. и доп. / под ред. Е.С. Северина. М.: Гэотар-Медиа, 2019. 759 с.
10. Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой икhtiофауне Мирового океана. М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
11. Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. 153 с.
12. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2008. 48 с.
13. 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 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552. М., 2020. 142 с.
14. СанПиН 2.3.2.1078-01. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». М., 2002. 216 с.
15. СанПиН 2.3.2.560-96. Санитарные правила и нормы гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 2001. 215 с.
16. Ваганов А.С. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах промысловых рыб Куйбышевского водохранилища // Вестник Нижневартковского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 2 (2). С. 25–28.
17. Врочинский К.К., Перевозников М.А. Икhtiотоксикологическая характеристика химических веществ (пестициды, углеводороды, металлы, радионуклиды) // Сб. науч. трудов. ГосНИОРХ. Вып. 313. Л., 1990. С. 3–15.
18. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М., 2002. 122 с.
19. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан // Естественные и технические науки. 2016. № 1 (91). С. 20–23.
20. Галатова Е.А. Биологические особенности содержания тяжёлых металлов в чешуе рыб семейства Percidae, Cyprinidae, Esocidae, Siluridae // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 9 (59). С. 46–49.
21. Попов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 4 (28). С. 108–122.
22. Петухов С.А., Морозов Н.П., Добрусин М.С. Распределение микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в органах и тканях рыб // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды: сб. науч. тр. / отв. ред. Л.Е. Айвазова. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. С. 41–47.
23. Bawuro A.A., Voegborlo R.B., Adimado A.A. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria // Journal of Environmental and Public Health. 2018. DOI: 10.1155/2018/1854892.
24. Евтушенко Н.Ю., Данилко О.В. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища // Гидробиологический журнал. 1996. Т. 32, № 4. С. 58–66.

25. Федоненко Е.В., Ананьева Т.В., Шарамок Т.С. Эколого-физиологическая индикация Серебряного карася в условиях антропогенного загрязнения среды обитания // Экологический вестник Северного Кавказа. 2016. Т. 12, № 4. С. 31–40.

Работа подготовлена за счет финансового обеспечения выполнения государственного задания ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан» (руководитель темы – Я.Т. Суюндуков).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Хасанова Резеда Фиргатовна, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Сибайский филиал (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация); профессор кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: rezeda78@mail.ru.</p> <p>Суюндуков Ялиль Тухватович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Сибайский филиал (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация); заместитель директора по научной работе; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: yalil_s@mail.ru.</p> <p>Семенова Ирина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник; Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Сибайский филиал (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация); профессор кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: alexa-94@mail.ru.</p> <p>Шаранова Дарья Ивановна, магистрант кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности; Башкирский государственный университет (г. Уфа, Российская Федерация). E-mail: sharanova1997@bk.ru.</p> <p>Баимова Светлана Ринатовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности; Башкирский государственный университет (г. Уфа, Российская Федерация). E-mail: sovietbsu@mail.ru.</p>	<p>Khasanova Rezeda Firgatovna, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher; Institute of Strategic Studies of Republic of Bashkortostan, Sibay Branch (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation); professor of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: rezeda78@mail.ru.</p> <p>Suyundukov Yalil Tukhvatovich, doctor of biological sciences, chief researcher; Institute of Strategic Studies of Republic of Bashkortostan, Sibay Branch (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation); deputy director for scientific work; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: yalil_s@mail.ru.</p> <p>Semenova Irina Nikolaevna, doctor of biological sciences, leading researcher; Institute of Strategic Studies of Republic of Bashkortostan, Sibay Branch (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation); professor of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: alexa-94@mail.ru.</p> <p>Sharanova Darya Ivanovna, master student of the department of Ecology and Life Safety Department; Bashkir State University (Ufa, Russian Federation). E-mail: sharanova1997@bk.ru.</p> <p>Baimova Svetlana Rinatovna, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology and Life Safety Department; Bashkir State University (Ufa, Russian Federation). E-mail: sovietbsu@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Шаранова Д.И., Баимова С.Р. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в тканях карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* L.) в бассейне реки Урал // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 1. С. 128–133. DOI: 10.55355/snv2022111117.