

ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.45:504.4.054(571.621)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОМПОНЕНТАХ МАЛОЙ РЕКИ, НЕ ПОДВЕРЖЕННОЙ ВЛИЯНИЮ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д.Е. Аверин^{1,2}, В.А. Зубарев²

¹Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема,
ул. Широкая 70А, г. Биробиджан, 679015,
e-mail: danila.averin.2000@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2602-7992>;

²Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: Zubarev_1986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6245-5401>

*В статье рассмотрено содержание тяжелых металлов в поверхностных водах, донных отложениях и мышцах карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) из верховий реки Ольгохты. Результаты проведенных лабораторных исследований показали, что содержание биогенных веществ (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) в воде реки не превышает предельно допустимых значений. Тяжелые металлы (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu и Ni) в речной воде, за исключением железа и марганца, находятся в пределах ПДК. Высокие концентрации Fe и Mn объясняются особенностью Буреинской геохимической провинции. Повышенное содержание цинка в донных отложениях объясняется повышенной геохимической активностью данного металла. Содержание тяжелых металлов в мышцах карася в верховьях реки Ольгохты по сравнению с другими реками России является одним из наиболее низких. Предположительно, в мышцах больше всего накапливаются цинк и железо. Полученные данные о составе и качестве воды, донных отложений, а также концентрации металлов в мышцах карася серебряного можно считать фоновыми для региона вследствие отсутствия антропогенной нагрузки на водоток.*

Ключевые слова: река Ольгохта, тяжелые металлы, поверхностные воды, донные отложения, карась серебряный, *Carassius auratus gibelio*, Среднеамурская низменность.

Образец цитирования: Аверин Д.Е., Зубарев В.А. Содержание тяжелых металлов в компонентах малой реки, не подверженной влиянию антропогенной деятельности // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 4. С. 22–30. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-4-22-30

Введение

Использование водных ресурсов для удовлетворения нужд человека обычно сопровождается ухудшением их качества. Это выражается не только в изменении физико-химического состава вод, но и количественных и качественных характеристик гидробионтов, населяющих водоёмы и водотоки [29]. Разные реки испытывают различную антропогенную нагрузку в зависимости от своего хозяйственного назначения. Это может быть забор воды для нужд населения и хозяйства, сброс сточных вод предприятий и жилищно-коммунального

комплекса, использование рек в качестве судоходных артерий, строительство гидротехнических инженерных сооружений и так далее [14, 34]. При исследовании рек, испытывающих антропогенную нагрузку, неизбежно встаёт вопрос о сравнении полученных результатов с фоновыми для данной местности значениями. Такими точками сравнения могут стать малые реки, не подверженные влиянию антропогенной деятельности [13].

Для экологической оценки состояния воды малых рек немаловажную роль играет информация о содержании различных элементов в гид-

робионтах, которые являются удобными объектами исследования, позволяют установить степень влияния на живой организм различных факторов, в том числе токсикантов [30]. К числу приоритетных загрязнителей природных вод, отражающих степень антропогенной нагрузки на водные системы, относятся тяжёлые металлы (ТМ) [7]. ТМ в водных экосистемах существуют долго, они не разлагаются, переходят из ионной формы в связанную с тем или иным лигандом, накапливаются в гидробионтах в существенно большем количестве, чем в среде их обитания [5]. В связи с этим они испытывают значительную антропогенную нагрузку и могут служить индикаторами экологического состояния речных бассейнов.

Целью данной работы является оценка содержания тяжёлых металлов в компонентах малой реки (поверхностные воды, донные отложения и рыбы), не подверженной влиянию антропогенной деятельности.

Объект исследования

Река Ольгохта берет начало из заболоченного массива, протекает по территории Смидовичского района Еврейской автономной области. Русло реки очень извилистое. Длина реки позволяет классифицировать её как малую – всего 41 км. Ширина водотока варьирует от 15 до 200 м. Ольгохта является правым притоком реки Урми, впадая в неё на 20 км выше своего устья. Местами на реке отмечаются песчаные пляжи.

Материалы и методы анализа

Исследование проводили в июле 2021 г. Объектами исследования послужили поверхностные воды, донные отложения, а также рыбы.

В качестве объекта исследований из представителей ихтиофауны водоёмов ЕАО был выбран карась серебряный *Carassius auratus gibelio* (Bloch) (n=5), который является представителем бореального равнинного фаунистического комплекса, относится к оседлым рыбам, предпочита-

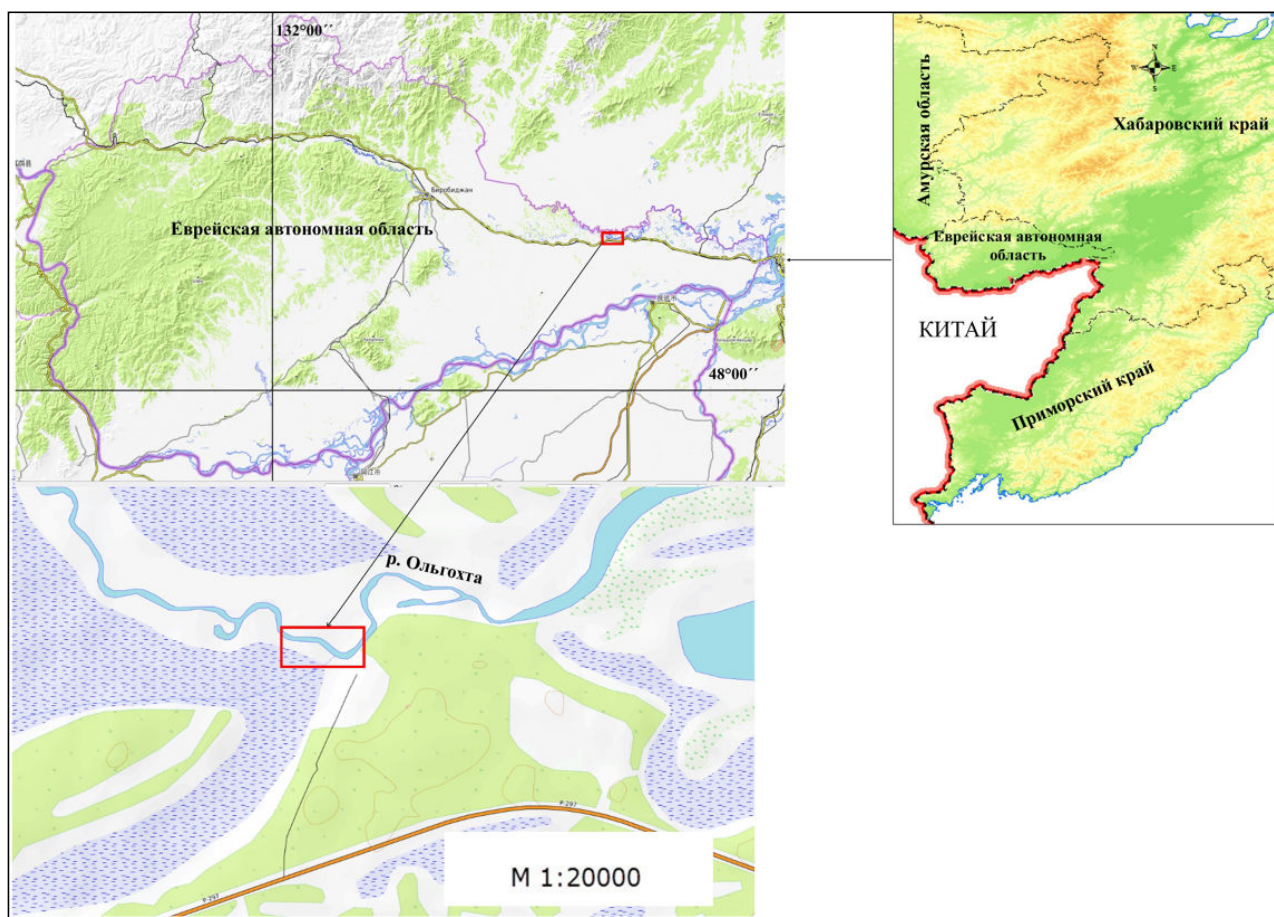


Рис. 1. Расположение района исследования

Fig. 1. Location of the study area

ющим илистое дно, покрытое водной растительностью. Интенсивно питается летом и осенью. По типу питания относится к бентосоядным рыбам, значительную долю в его спектре питания занимают водные растения [1]. Карась серебряный отличается высокой экологической валентностью и значительной токсикорезистентностью и поэтому выдерживает значительную степень антропогенной нагрузки [8, 10]. Навеска высушенных при температуре 85 °С мышц карасей каждой особи подвергалась кислотному разложению (конц. HNO₃ марки ОСЧ) в микроволновой системе «Mars-6». Анализ проб на содержание тяжёлых металлов проводился методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС) на приборе So-laar 6M в пламени ацетилен-воздух. Поскольку в литературе приводится информация о содержании металлов в сырых тканях, нами для сравнительных целей использовался коэффициент усушки (по работам Е.Н. Черновой) равный 4,05 [26].

Одновременно проводился отбор проб воды, донных отложений, биологического материала для последующего лабораторного анализа на предмет содержания ионов тяжёлых металлов. Отбор проб воды проводился в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Отбор и хранение донных отложений проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.01-80. В каждой точке отбор проб производился в трёхкратной повторяемости. Общее количество проб поверхностных вод – 10, донных отложений – 10, рыб – 5 образцов.

Химические анализы поверхностных вод проводили по следующим показателям: азот аммонийный, нитриты, нитраты (ГОСТ 33045-2014), фосфаты (ГОСТ 18309-2014), сульфаты (ГОСТ 31940-2012), взвешенные вещества (ПНД Ф 14.1:2:4.254-09). Для отдельного определения растворённой и взвешенной форм ТМ пробы воды фильтровались через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм (ГОСТ 31861-2012).

Определение общего содержания ТМ в фильтрате требует предварительной процедуры деструкции её связанных органических и неорганических форм и их перевода в аналитически определяемые формы. Разложение проб проводилось с использованием микроволновой системы «Mars-6», предназначенной для разложения объектов с органической и неорганической матрицами при подготовке проб к инструментальному анализу. Растворённые и взвешенные формы ТМ определялись методом ААС на приборе «ThermoElectron SOLAAR 6M» (РД 52.18.286-91).

Пробы донных отложений отбирались

штанговым дночерпателем Гр-91, помещались в предварительно подготовленные (очищенные 1M HCl и промытые дистиллированной водой) полиэтиленовые контейнеры и хранились охлаждёнными. В лаборатории образцы донных отложений высушивались при комнатной температуре в чистом помещении. Далее образцы донных отложений были отквартованы для получения средней пробы массой 50 г. Образцы в дальнейшем подвергались измельчению в планетарной мельнице «Pulverisette 6» до мелкой фракции >1 мкм. Масса измельченной пробы, которую использовали для анализа, составляла около 5 г. Для определения валового содержания ТМ все образцы донных отложений были подвержены кислотному разложению (HNO₃ ОСЧ) в микроволновой системе «Mars-6».

Результаты исследований

Химический состав верховий речных вод р. Ольгохты формируется на равнинной, сложенной аллювиальными отложениями территории, покрытой преимущественно мокрыми вейниково-осоковыми лугами на лугово-болотных торфянисто- и торфяно-глеевых переходных почвах. Температура воды на момент обора проб была +18 °С, pH – 6,6 ед.

В результате анализа поверхностных вод реки Ольгохты было установлено (табл. 1), что в рассмотренных водных объектах содержание биогенных веществ не превышает предельно допустимых концентраций для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. В воды р. Ольгохты биогенные вещества, возможно, поступают в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, а также с атмосферными выпадениями [32]. Неорганические соединения азота – NO₃⁻ и NO₂⁻ – могут поступать в реки с выделениями гидробионтов и в результате жизнедеятельности азотфиксирующих

Таблица 1
Содержание биогенных веществ в воде р. Ольгохты
Table 1
Biogenic elements content in the Olgokhta River water

Вещество	Концентрация, мг/дм ³	ПДК (СанПиН 1.2.3685-21)
NH ₄ ⁺	0,05±0,002	1,5
NO ₃ ⁻	0,2±0,03	45
NO ₂ ⁻	0,008±0,001	3,3
PO ₄ ³⁻	0,03±0,002	3,5

бактерий. Соединения фосфора могут вымываться из пород [31]. Измеренная концентрация взвешенных веществ в воде равняется $25,5 \pm 8,2$ мг/дм³.

Данные по содержанию растворённых и взвешенных форм тяжёлых металлов в анализируемой воде представлены в виде табл. 2.

Представленные в табл. 2 металлы распространены в природе, они участвуют в определённых биологических процессах и необходимы для организмов в небольших количествах. Сравнение полученных данных (табл. 2) состава вод малой реки Ольгохты с установленными нормативами для свинца, цинка, меди и никеля не выявило превышение ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Среди данных по металлам показано, что в растворённой форме по концентрации преобладает железо. По валовому значению (растворённая и взвешенная формы) концентрации Fe составляют $1,5$ мг/дм³, что примерно в 5 раз больше значения ПДК. Основной формой миграции марганца является взвешенная форма, валовое содержание которого в 3,1 раза превышает ПДК. Повышенные содержания Fe и Mn в поверхностных водах объясняются геохимическими особенностями Бурейнской ландшафтной провинции [6].

Для донных отложений (рис. 2), в отличие от почв, не разработаны нормативы ПДК и ОДК загрязняющих веществ [2], поэтому полученные концентрации ТМ в донных отложениях были сравнены со значениями ПДК для почв по СанПиН 1.2.3685-21 [22].

При проведении сравнительного анализа концентраций ТМ в донных отложениях разных

Таблица 2
Содержание тяжёлых металлов в воде р. Ольгохты
Table 2
Heavy metals content in the Olgokhta River water

Металл	Концентрация, мг/дм ³		ПДК [21]
	растворённая форма	взвешенная форма	
Fe	$0,6 \pm 0,02$	$0,9 \pm 0,4$	0,30
Mn	$0,04 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,12$	0,10
Pb	$0,003 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,002$	0,01
Zn	$0,02 \pm 0,002$	$0,01 \pm 0,01$	5,00
Cu	$0,01 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	1,00
Ni	$0,001 \pm 0,001$	0,00	0,02

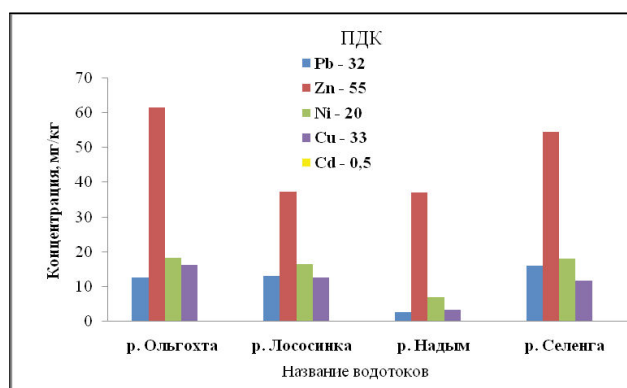


Рис. 2. Валовые концентрации тяжёлых металлов в донных отложениях из разных рек России

Fig. 2. Gross concentrations of heavy metals in bottom sediments from different rivers of Russia

рек России (рр. Лососинка [23], Надым [24], Селенга [11]), не подверженных антропогенному загрязнению, было выяснено, что концентрации металлов находятся либо на уровне ПДК, либо ниже допустимых значений. При этом отмечается большое накопление цинка, по сравнению с другими металлами, что связано с его геохимической подвижностью [18].

Металлы, растворённые в воде и накопленные в донных отложениях, могут попадать и накапливаться в организме рыб [9, 15]. Данные по средним концентрациям ТМ в мышцах карася серебряного, взятые из разных рек, представлены в табл. 3.

Цинк является жизненно важным металлом, однако может быть токсичным для рыб, вызывая структурные повреждения, влияющие на рост, развитие, поведение и выживание. Медь вызывает нарушения дыхания, поведения рыб, патологии жизненно важных органов, таких как жабры, почки, печень. Накопление железа приводит к повреждению жабр, нарушению поведения, скорости развития и роста у молодых особей. Марганец поражает кроветворные органы, что отрицательно влияет на гемолитические показатели крови. Кадмий вызывает структурные и функциональные изменения в жабрах, кишечнике, печени и почках, застой и нагрубание кровеносных сосудов. Свинец влияет на активность некоторых ферментов и на межклеточную коммуникацию. Никель вызывает поражение дыхательной системы, вызывая набухание жаберных пластинок, а также увеличивая потребление кислорода, ударный объем дыхания и частоту дыхания [33].

Название водотоков	Zn	Cu	Fe	Mn	Cd	Pb	Ni
	Концентрация, мкг/г сыр. массы						
р. Ольгохта	1,04±0,1	0,24±0,04	11,01±6,1	0,7±0,3	0,02±0,001	0,07±0,02	0,01±0,01
р. Амур (пос. Синда) [27, 28]	17,1±5,3	0,4±0,1	19,7±5,3	1,4±0,6	0,01±0,009	0,03±0,01	н/д
р. Белая [25]	4,0±0,2	0,60±0,03	11,6±0,1	н/д	н/д	0,60±0,03	н/д
р. Каменушка [16, 26]	12,0±2,9	0,52±0,07	5,35±1,34	0,40±0,04	0,011±0,001	0,10±0,02	0,01
р. Кипарисовка	72,8±41,7	2,3±0,4	22,7±5,4	2,4±0,8	0,2±0,1	н/д	0,6±0,1
р. Кубань [12]	н/д	н/д	н/д	н/д	0,01	0,01	н/д
р. Лебединая [16, 26]	74,7±26,8	3,1±1,0	38,4±9,4	4,5±1,7	1,1±0,1	н/д	0,4±0,1
р. Лимури [16, 17]	37,4±3,9	1,7±0,7	20,3±8,9	0,7±0,3	0,02±0,01	0,03±0,01	н/д
р. Обь [20]	17,78±1,05	2,06±0,22	н/д	н/д	0,29±0,04	0,42±0,05	н/д
р. Обь (верховья) [4]	8,05±1,20	0,83±0,09	103,3±5,2	2,71±0,21	0,21±0,03	0,35±0,02	н/д
р. Харпи [16, 17]	27,4±5,5	0,72±0,32	12,0±6,1	0,27±0,12	0,004±0,006	0,1±0,006	0,030±0,046
р. Яхрома [3]	97,70	71,90	н/д	н/д	7,50	5,40	29,20

Содержание тяжёлых металлов в мышцах карася из реки Ольгохты отличается довольно низкими концентрациями по сравнению с другими реками России. Наибольшей накопившейся концентрацией ТМ в мышцах отличается железо, менее ярко выражено накопление цинка.

Наибольшее содержание цинка, меди, кадмия, свинца и никеля в мышцах карася серебряного было зафиксировано у особей из р. Яхромы, железа – из верховьев р. Оби, марганца – из р. Лебединой. Полученные результаты о содержании металлов в мышцах карася из р. Ольгохты отличаются меньшими концентрациями ТМ по сравнению с другими реками, а также наименьшей суммарной концентрацией по всем ТМ среди представленных рек. Самое большое валовое содержание ТМ зафиксировано в мышцах карася из р. Яхромы. Данные табл. 3 позволяют предпо-

ложить, что наиболее активно в мышцах карася серебряного накапливаются Zn и Fe, содержание свинца и кадмия не превысило своих предельных значений ни в одном из видов рыб.

Заключение

Исходя из полученных данных, концентрации тяжёлых металлов в воде р. Ольгохты не превышают своих ПДК, кроме железа и марганца, что связано с геохимическими особенностями Бурейской провинции. Это позволяет считать концентрации металлов фоновыми для рек области.

Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях р. Ольгохты отличается не превышением их ПДК, кроме цинка, чьё накопление находится приблизительно на уровне допустимых значений.

Концентрации тяжёлых металлов в мышцах карасей, обитающих в р. Ольгохте, отличаются

меньшими уровнями содержания, чем мышцы карасей из большинства других регионов России. Возможно, что содержание металлов в карасях из Ольгохты можно считать физиологически близкими к норме микроэлементов для данного вида рыб.

Таким образом, полученные данные о содержании тяжёлых металлов в мышцах карасей из верховой р. Ольгохты позволяют сделать вывод об отсутствии существенного загрязнения металлами мест обитания данного вида. В дальнейшем эти сведения могут стать основой для долговременного мониторинга содержания тяжёлых металлов в пресных водоёмах региона. Фоновыми концентрациями металлов в органах карасей можно считать таковые в рыбах из р. Ольгохты.

Исследование выполнено за счёт средств гранта департамента образования Еврейской автономной области в соответствии с распоряжением губернатора Еврейской автономной области от 28.04.2022 №124-рг.

ЛИТЕРАТУРА:

- Бурик В.Н. Серебряный карась (*Carassius Gibelio* (Bloch, 1782)) водоёмов кластера «Забеловский» заповедника «Бастак» // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 2. С. 30–36.
- Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
- Вундцеттель М.Ф., Кузнецова Н.В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб реки Яхромы // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 155–158.
- Глазунова И.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Известия Алтайского государственного университета. 2007. № 3 (55). С. 20–22.
- Голованова И.Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных // Биология внутренних вод. 2008. № 1. С. 99–108.
- Еврейская автономная область как биогеохимическая провинция: монография / Н.К. Христофорова и др. Биробиджан: ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2012. 249 с.
- Зубарев В.А. Изменение концентраций тяжелых металлов в компонентах малой реки (на примере осушительной мелиорации) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 8. С. 16–23.
- Зубарев В.А., Аверин Д.Е. Тяжелые металлы в гидробионтах и макрофитах как индикаторах антропогенного влияния на экосистему малой реки // IV Международный научно-образовательный форум «Хэйлуунцзян – Приамурье»: сборник материалов Международной науч. конф. Биробиджан: ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2022. С. 146–152.
- Зубарев В.А., Бурик В.Н. Гидрохимическая характеристика рек Еврейской автономной области и содержание тяжелых металлов в жабрах голяна (*Phoxinus Lagowskii*) // Региональные проблемы. 2019. Т. 22, № 1. С. 31–37.
- Интересова Е.А., Решетникова С.Н., Лялина М.И., Мишакин А.В. К биологии серебряного карася *Carassius Gibelio* (Bloch, 1782) в бассейне Средней Оби // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 5 (184). С. 19–30.
- Касимов Н.С., Корляков И.Д., Кошелева Н.Е. Распределение и факторы аккумуляции тяжелых металлов и металлоидов в речных донных отложениях на территории г. Улан-Удэ // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25, № 3. С. 380–395.
- Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Геворкян Ж.В., Евсеева А.И. Тяжелые металлы в органах и тканях промысловых рыб пресноводных объектов Северо-Кавказского региона // Труды ВНИРО. 2019. Т. 177. С. 151–166.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А. Оценка антропогенных воздействий на водные ресурсы России // Вестник РАН. 2019. Т. 89, № 6 С. 603–614.
- Курочкина В.А., Богомоллова Т.Г., Киров Б.Л. Антропогенная нагрузка на реки урбанизированных территорий // Вестник МГСУ. 2016. № 8. С. 100–109.
- Мазур В.В. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в донных отложениях некоторых северных рек // Общество. Среда. Развитие. 2020. № 1 (54). С. 92–95.
- Марченко А.Л., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К. Содержание тяжелых металлов в мышцах карася серебряного *Carassius Auratus Gibelio* из водоемов юга Приморского края // Исследовано в России. 2006. Т. 9. С. 759–768.
- Марченко А.Л., Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в массовых видах рыб южного Приморья // Ученые записки КНАГТУ. 2011. № 1 (5). С. 103–105.

18. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния: пер. с англ. М.: Мир, 1987. 288 с.
19. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации: монография. Новосибирск, 2002. 267 с.
20. 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.
21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
22. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
23. Слукровский З.И. Геоэкологическая оценка состояния малых рек крупного промышленного города по данным о содержании тяжелых металлов в донных отложениях // Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 81–88.
24. Уварова В.И. Оценка химического состава воды и донных отложений р. Надым // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2011. № 11. С. 143–153.
25. Хуснутдинова Л.Р., Исхакова А.Т. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах рыб реки Белая // Самарский научный вестник. 2018. № 2 (23). С. 129–133.
26. Чернова Е.Н., Христофорова Н.К., Марченко А.Л., Кавун В.Я., Ковалев М.Ю. Содержание тяжелых металлов в органах карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) из водоемов Южного Приморья // Известия ТИПРО. 2008. Т. 154. С. 214–230.
27. Чухлебова Л.М., Бердников Н.В., Панасенко Н.М. Тяжелые металлы в воде, донных отложениях и мышцах рыб реки Амур // Гидробиологический журнал. 2011. Т. 47, № 3. С. 110–120.
28. Чухлебова Л.М., Бердников Н.В. Особенности накопления тяжёлых металлов в воде, донных отложениях и мышцах рыб среднего течения р. Амур // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 1. С. 54–58.
29. Шакирова Ф.М., Валиева Г.Д., Гвоздарева М.А., Истомина А.М., Крайнев Е.Ю., Харитонов О.В., Кузнецова Ю.В. Динамика качественных и количественных изменений гидробионтов и состояние экосистемы водохранилища под воздействием антропогенного фактора (на примере Кармановского водохранилища) // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 16, № 1. С. 198–213.
30. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. С. 5–11.
31. Jordan P., Arnscheidt J., McGrogan H., McCormick S. Highresolution phosphorus transfers at the catchment scale: the hidden importance of non-storm transfers // Hydrology and Earth System Sciences. 2005. Vol. 9. P. 685–691.
32. Jordan P., Melland A.R., Mellander P.E., Shortle G., Wall D. The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation // Science of the Total Environment. 2012. Vol. 434. P. 101–109.
33. Elbeshti R.T.A., Elderwish N.M., Abdelali K.M.K., Tastan Y. Effects of Heavy Metals on Fish // Menba Journal of Fisheries Faculty. 2018. Vol. 4. P. 36–47.
34. Zubarev V.A., Kogan R.M. Ecological conditions of watercourses in the Middle Amur Lowland in the areas of drainage reclamation // Water Resources. 2017. Vol. 44, N 7. P. 940–951.

REFERENCES:

1. Burik V.N. Silver Crucian (*Carassius Gieilio* (Blooch 1782) Population in the Zabelovsky Cluster Reservoirs of the Bastack Reserve. *Regional'nye problemy*, 2015, vol. 18, no. 2, pp. 30–36. (In Russ.).
2. Vinogradov A.P. Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the Earth's crust. *Geokhimiya*, 1962, no. 7, pp. 555–571. (In Russ.).
3. Vundtsettel M.F., Kuznetsova N.V. Heavy Metals in the Organs and Tissues of the Yakhroma River's Fishes. *Vestnik AGTU Ser.: Rybnoe hozyaistvo*, 2013, no. 2, pp. 155–158. (In Russ.).
4. Glazunova I.A. The content and features of the distribution of heavy metals in the organs and tissues of fish of the Upper Ob. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2007, no. 3(55), pp. 20–22. (In Russ.).
5. Golovanova I.L. Effects of Heavy Metals on the Physiological and Biochemical Status of Fishes and Aquatic Invertebrates. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2008, no. 1, pp. 99–108. (In Russ.).
6. *Evreiskaya avtonomnaya oblast' kak biogeokhimi-cheskaya provintsiya: monografiya*, N.K. Khristi-

- toforova i dr. (The Jewish Autonomous Region as a biogeochemical province: a monograph). Birobidzhan: PSU im. Sholom Aleichem, 2012. 249 p. (In Russ.).
7. Zubarev V.A. Change of Concentrations of Heavy Metals in the Components of a Small River (on the Example of Drainage Reclamation). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geoesursov*, 2020, vol. 331, no. 8, pp. 16–23. (In Russ.).
 8. Zubarev V.A., Averin D.E. Heavy Metals in Aquatic Organisms and Macrophytes As Indicators of Anthropogenic Impact on the Ecosystem of a Small River, in *IV Mezhdunarodnyi nauchno-obrazovatel'nyi forum «Kheiluntsyan – Primur'e»: sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauch. konf.* (IV International Scientific and educational forum «Heilongjiang - Amur region»: collection of materials of the International Scientific conf.). Birobidzhan: PSU im. Sholom Aleichem, 2022. pp. 146–152. (In Russ.).
 9. Zubarev V.A., Burik V.N. Hydrochemical Characteristics of the Rivers in Jewish Autonomous Region and the Content of Heavy Metals in the Gills of the Minnow (Phoxinus). *Regional'nye problemy*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 31–37. (In Russ.).
 10. Interesova E.A., Reshetnikova S.N., Lyalina M.I., Mishakin A.V. To the Biology of the Prussian Carp *Carassius Gibelio* (Bloch, 1782) in the Middle Ob River Basin. *Rybovodstvo i rybnoe hozyaistvo*, 2021, no. 5 (184), pp. 19–30. (In Russ.).
 11. Kasimov N.S., Korlyakov I.D., Kosheleva N.E. Distribution and Factors of Accumulation of Heavy Metals and Metaloids in River Bottom Sediments in the Territory of the Ulan-Ude City. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 380–395. (In Russ.).
 12. Korablina I.V., Barabashin T.O., Gevorkyan Zh.V., Evseeva A.I. Heavy metals in organs and tissues of commercial fish of freshwater objects of the North Caucasus region. *Trudy VNIRO*, 2019, vol. 177, pp. 151–166. (In Russ.).
 13. Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A. Assessing the Anthropogenic Impact on the Water Resources of Russia. *Vestnik RAN*, 2019, vol. 89, no. 6, pp. 603–614. (In Russ.).
 14. Kurochkina V.A., Bogomolova T.G., Kirov B.L. Anthropogenic Load on Rivers of Urban Areas. *Vestnik MGSU*, 2016, no. 8, pp. 100–109. (In Russ.).
 15. Mazur V.V. Comparative characteristics of heavy metals content in bottom sediments of some northern rivers. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*, 2020, no. 1 (54), pp. 92–95. (In Russ.).
 16. Marchenko A.L., Chernova E.N., Khristoforova N.K. The content of heavy metals in the muscles of silver carp *Carassius Auratus Gibelio* from reservoirs in the south of Primorsky Krai. *Issledovano v Rossii*, 2006, vol. 9, pp. 759–768. (In Russ.).
 17. Marchenko A.L., Khristoforova N.K., Chernova E.N. Comparison of Heavy Metal Contents in Dominant Fish Species in the South Primorye Region. *Uchenye zapiski KnAGTU*, 2011, no. 1 (5), pp. 103–105. (In Russ.).
 18. Moore J.V., Ramamoorthy S. *Tyazhelye metally v prirodnykh vodakh: kontrol' i otsenka vliyaniya: per. s angl.* (Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment). Moscow: Mir Publ., 1987. 288 p. (In Russ.).
 19. Popov P.A. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodoemov metodami ikhtioindikatsii: monografiya* (Assessment of the ecological state of reservoirs by methods of ichthyoindication: monograph). Novosibirsk, 2002. 267 p. (In Russ.).
 20. Popov P.A., Androsova N.V. Metal Content in the Muscular Tissue of Fish from the Ob River. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2014, no. 4 (28), pp. 108–122. (In Russ.).
 21. *Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy SanPiN 2.3.2.1078-01 «Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov»* (Sanitary and epidemiological rules and regulations of SanPiN 2.3.2.1078-01 «Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products»). (In Russ.).
 22. *Sanitarnye pravila i normy SanPiN 1.2.3685-21 «Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov srede obitaniya»* (Sanitary rules and norms of SanPiN 1.2.3685-21 «Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans»). (In Russ.).
 23. Slukovskii Z.I. Geoecological Assessment of Small Rivers in the Big Industrial City Based on the Data on Heavy Metal Content in Bottom Sediments. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2015, no. 6, pp. 81–88. (In Russ.).
 24. Uvarova V.I. Evaluation of Chemical Composition of Water and Benthic Sediments in Nadym

- River. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, 2011, no. 11, pp. 143–153. (In Russ.).
25. Khusnutdinova L.R., Iskhakova A.T. Heavy Metals Content in Organs and Tissues of Fish from the Belaya River. *Samarskii nauchnyi vestnik*, 2018, no. 2 (23), pp. 129–133. (In Russ.).
 26. Chernova E.N., Khristoforova N.K., Marchenko A.L., Kavun V.Ya., Kovalev M.Yu. The content of heavy metals in the organs of silver carp (*Carassius auratus gibelio*) from reservoirs of Southern Primorye. *Izvestiya TINRO*, 2008, vol. 154, pp. 214–230. (In Russ.).
 27. Chukhlebova L.M., Berdnikov N.V., Panasenko N.M. Heavy metals in water, bottom sediments and muscles of Amur River fish. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 2011, vol. 47, no. 3, pp. 110–120. (In Russ.).
 28. Chukhlebova L.M. Berdnikov N.V. Features of Heavy Metals Accumulation in Water, Bottom Sediments and Fish Muscles in the Amur Middle Reaches. *Regional'nye problemy*, 2011, vol. 14, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.).
 29. Shakirova F.M., Valieva G.D., Gvozdaryova M.A., Istomina A.M., Kraynev E.Yu., Haritonova O.V., Kuznetsova Yu.V. The Dynamics of Qualitative and Quantitative Changes of Hydrobionts and the Status of Ecosystem of Reservoir Due to Human Activity (as in Karmanovsky Reservoir). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi Akademii nauk*, 2014, vol. 16, no. 1, pp. 198–213. (In Russ.).
 30. Shitikov V.K., Zinchenko T.D. Multivariate Statistical Analysis of Ecological Communities (Review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2019, no. 1, pp. 5–11. (In Russ.).
 31. Jordan P., Arnscheidt J., McGrogan H., McCormick S. Highresolution phosphorus transfers at the catchment scale: the hidden importance of non-storm transfers. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2005, vol. 9, pp. 685–691.
 32. Jordan P., Melland A.R., Mellander P.-E., Shortle G., Wall D. The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation. *Science of the Total Environment*, 2012, vol. 434, pp. 101–109.
 33. Elbeshti R.T.A., Elderwish N.M., Abdelali K.M.K., Tastan Y. Effects of Heavy Metals on Fish. *Menba Journal of Fisheries Faculty*, 2018, vol. 4, pp. 36–47.
 34. Zubarev V.A., Kogan R.M. Ecological conditions of watercourses in the Middle Amur Lowland in the areas of drainage reclamation. *Water Resources*, 2017, vol. 44, no. 7, pp. 940–951.

HEAVY METALS CONTENT IN A SMALL RIVER COMPONENTS WITHOUT ANTHROPOGENIC INFLUENCE

D.E. Averin, V.A. Zubarev

*The article presents the results of the analysis of surface waters, bottom sediments and muscles of the silver carp (*Carassius auratus gibelio*) from the upper reaches of the Olgokhta River. The results of laboratory studies have shown that the content of nutrients (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) in the river water does not exceed the maximum permissible values. Heavy metals (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu and Ni) in river water, with the exception of iron and manganese, are within the MPC. The high concentrations of Fe and Mn are explained by the peculiarity of the Burein geochemical province. The increased zinc content in bottom sediments is explained by the increased geochemical activity of this metal. The content of heavy metals in the muscles of carp compared to other rivers in Russia is one of the lowest. Presumably, zinc and iron accumulate most in the muscles. The data obtained on the composition and quality of water, bottom sediments, as well as the concentration of metals in the muscles of the silver carp can be considered background for the region due to the absence of anthropogenic load on the watercourse.*

Keywords: *Olgokhta River; heavy metals, surface waters, bottom sediments, silver carp, *Carassius auratus gibelio*, Middle Amur lowland.*

Reference: Averin D.E., Zubarev V.A. Heavy metals content in a small river components without anthropogenic influence. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 4, pp. 22–30. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-4-22-30

Поступила в редакцию 11.04.2022

Принята к публикации 13.12.2022