

Научная статья

Original article

УДК 556

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_8_392

**СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК
ЗАПОВЕДНИКА БАСТАК В ИЮНЕ 2022 ГОДА
HEAVY METAL CONTENT IN SMALL RIVERS OF BASTAK NATURE
RESERVE IN JUNE 2022**



Иванов Егор Сергеевич, Университет ИТМО, E-mail: ivanov.e.s@my.mgimo.ru

Динкелакер Наталья Владимировна, преподаватель, Университет ИТМО, E-mail: nvdinkelaker@mail.ru

Ревуцкая Ирина Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой, ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», E-mail: irina.etx@mail.ru

Лонкина Екатерина Сергеевна, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный заповедник «Бастак», E-mail: lonkina83@mail.ru

Тамбулатова Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета Экотехнологий, Университет ИТМО, E-mail: evtambulatova@itmo.ru

Ivanov Egor Sergeevich, ITMO University, E-mail: Ivanov.e.s@my.mgimo.ru

Dinkelaker Natalia Vladimirovna, Lecturer, ITMO University, E-mail: nvdinkelaker@mail.ru

Revutskaya Irina Leonidovna, candidate of biological sciences, assistant professor, Head of Department, Sholom-Aleichem Priamursky State University, E-mail: irina.etx@mail.ru

Lonkina Ekaterina Sergeevna, senior researcher, Federal State Budgetary Institution
«The state nature reserve «Bastak», E-mail: lonkina83@mail.ru

Tambulatova Ekaterina Viktorovna, Dean of the Faculty of Ecotechnologies
Associate professor at the Faculty of Ecotechnologies, ITMO University, E-mail:
evtambulatova@itmo.ru

Аннотация. В результате исследования качества воды водных объектов заповедника «Бастак» установлены концентрации 8 тяжелых металлов (Zn, Cd, Co, Pb, Ni, Cu, Fe, Mn) для рек: р. Большой Сореннак, р. Бастак, р. Митрофановка, р. Глинянка, а также ручьев г. Чернуха. В воде рек и ручьев особо охраняемой природной территории не были обнаружены свинец, никель и кадмий. Концентрации остальных исследованных тяжелых металлов выше в воде рек, более близких к равнинному типу (р. Глинянка, р. Митрофановка). В них наблюдается превышение санитарно-гигиенических нормативов содержания марганца и железа. Превышение нормативов содержания железа, марганца, меди и цинка, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения, отмечено во всех исследованных реках, но наиболее сильно выражено в реках равнинного типа.

Abstract. As part of the monitoring of heavy metals in the rivers of the Bastak Nature Reserve, concentrations of 8 heavy metals (Zn, Cd, Co, Pb, Ni, Cu, Fe, Mn) were determined for Bol'shoy Sorennak, Bastak, Mitrofanovka, Glinyanka, as well as creeks on Chernukha Mountain. Lead, nickel and cadmium were not found in the rivers and streams of the reserve. Concentrations of heavy metals are higher in lowland rivers (Glinyanka, Mitrofanovka). In them, there is an excess of sanitary standards for the content of manganese and iron. The excess of the standards for the content of iron, manganese, copper and zinc, established for fishery reservoirs, is registered in all the studied rivers, but it is more pronounced in lowland rivers.

Ключевые слова: малые реки, негативное воздействие на гидросферу, заповедник «Бастак», тяжелые металлы, Еврейская автономная область

Keywords: small rivers, negative impact on the hydrosphere, Bastak Nature reserve, heavy metals, Jewish Autonomous Region

Проведение эkohимических исследований на территории особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в первую очередь заповедников и национальных парков, необходимо для предотвращения потери биоразнообразия и нарушения ценных природных экосистем, а также для понимания особенностей протекания природных процессов в естественной, незатронутой деятельностью человека, среде. Одной из важных составляющих экологического мониторинга рек является определение изменения химических показателей различных компонентов экосистем, в том числе тяжелых металлов (ТМ). Последние играют важную роль в метаболизме живых существ, они могут выступать как токсиканты, с другой стороны, дефицит большинства из них приводит к биохимическим нарушениям. Особенности естественного географического распространения, избытка или недостатка тех или иных элементов определяется биогeoхимическими факторами. Государственный природный заповедник «Бастак» (создан в 1997 г.) находится в северо-восточной и восточной частях Еврейской автономной области (ЕАО), с севера граничит с Хабаровским краем и занимает площадь 128055 га. Территория заповедника «Бастак» представляет собой два кластерных участка: «Центральный» - расположен севернее г. Биробиджан, «Забеловский» - юго-восточнее пгт Смидович. Исследования, проводимые в заповеднике «Бастак» выполнены на территории кластера «Центральный». Данная территория характеризуется разнообразными формами рельефа: по оси северо-запад - юго-восток горный рельеф переходит в пойменную равнину. В связи изменением орографических условий также последовательно меняются и природные сообщества – от хвойных лесов, произрастающих в верхних частях гор, через широколиственные леса до затопленных лугов на равнине. На территории заповедника кластера «Центральный» заповедника «Бастак» протекает большое количество малых рек, самые крупные из которых Бастак (63 км), Большой Ин (64

км), Большой Сореннак (43 км), Глинянка (35 км). Реки Большой Сореннак, Бастак и Глинянка впадают в р. Большой Ин напрямую. В р. Глинянка также впадает р. Митрофановка [1].

В Еврейская автономной области в речной воде наблюдается дефицит йода, фтора, кальция, магния, меди и селена, а также избыток таких элементов как железо и марганец. Наиболее ярко повышенное содержание последних проявляется в природных водах, как поверхностных, так и грунтовых [2]. На территории кластера «Центральный» можно отследить данные особенности в естественных условиях, без вмешательства антропогенного фактора. Гидрохимический анализ воды из рек кластера проводится с 2016 года для р. Бастак и р. Глинянка [3], с 2020 года - для р. Большой Сореннак [4]. В данных исследованиях показано, что содержание марганца и железа в реках кластера «Центральный» заповедника «Бастак» превышает нормативы, установленные для водных объектов рыбохозяйственного значения [8].

Концентрация тяжелых металлов (ТМ) в воде рек кластера «Центральный» зависит от интенсивности их вымывания из почвы, что определяется как особенностями почвенно-растительного комплекса, так и иными факторами окружающей среды. Одним из таких факторов может являться наличие недавних природных пожаров. В целом, гидрохимические особенности воды рек заповедника «Бастак», определяются многими факторами, в первую очередь, геохимическими и биотическими, имеющими разное географическое распространение. Особенности гидрохимических условий в реках заповедника «Бастак» исследованы мало. В связи с этим, нами была поставлена цель: определить концентрацию ТМ в водах рек кластерного участка «Центральный» в июне 2022 года для дальнейшего выяснения роли природных факторов на содержание ТМ в речных водах.

Исследования проведены в июне – июле 2022 г. В рамках совместной экспедиции ИТМО и ПГУ в период 21-27.06.2022 на территории кластера «Центральный»

заповедника «Бастак» были отобраны пробы воды с 10 различных станций на 4 реках и 2 ручьях (рис.1, таб. 1).

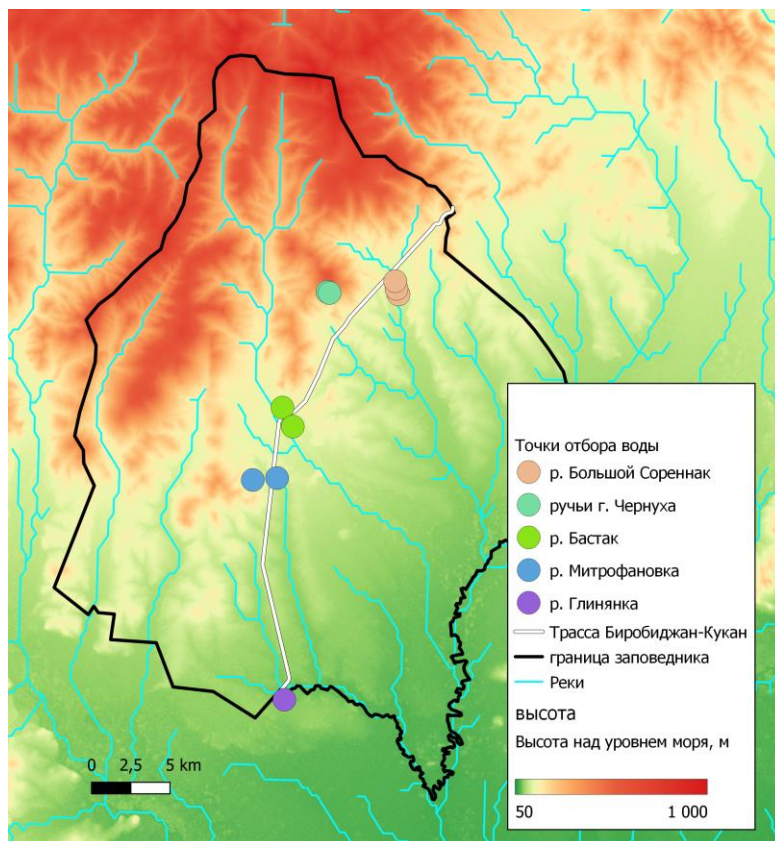


Рисунок 1. Схема расположения точек отбора проб воды в реках кластера «Центральный» заповедника «Бастак».

Таблица 1. Точки отбора проб воды на исследование содержания ТМ

Водный объект	Широта,	Долгота	Высота над уровнем моря, м	Тип реки
р.Большой Сореннак	49,09479167	133,1163806	120	горная
	49,09796111	133,1145361	116	горная
	49,10233611	133,1131833	119	горная
Ручьи на г. Чернухе	49,09521389	133,0542833	353	горная
	49,09462222	133,0561722	353	горная
р. Бастак	49,02816667	133,0176556	143	горная
	49,01741111	133,0270944	139	горная
р. Митрофановка	48,98618056	132,99345	113	равнинная
	48,98766000	133,014567	115	равнинная
р. Глинянка	48,86059167	133,0259583	96	равнинная

Усредненные пробы воды отбирались в отдалении от берега в пластиковую тару, консервировались раствором азотной кислоты и хранились в холодильнике при температуре близкой к нулю [6]. На реке Большой Сореннак исследования проводились в 3 точках в верхнем течении, на р. Бастак – на 2-х станциях в среднем течении, на р. Митрофановка – на 2 станциях (у истока и в среднем течении), на р. Глинянка – на 1 станции (в среднем течении, после впадения р. Митрофановка). Две станции отбора проб расположены на двух ручьях без названия на г. Чернуха. Стоит, отметить, что во время проведения экспедиции р. Глинянка вышла из берегов из-за обильных дождей, что могло также отразиться на результатах исследования.

Содержание ТМ (Zn, Cd, Co, Pb, Ni, Cu, Fe, Mn) в пробах определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе ThermoElectron SOLAAR 6M, на базе Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН в г. Биробиджан.

Анализ содержания в воде водотоков кластера «Центральный» выполнен для 4 притоков р. Большой Ин 1-го либо 2 порядка (р. Митрофановка – 2, ручьи на горе Чернуха – 2; р. Глинянка, р. Большой Сореннак, р. Бастак – 1) в июне 2022 года проводился по 8 металлам (табл. 2).

Таблица 2. Содержание ТМ в водотоках кластера «Центральный» заповедника «Бастак» в июне 2022 года.

Водоток	Содержание ТМ, мг/л							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Cd	Ni	Pb
ручьи г. Чернуха	0,07	0,01	0,05	0,02	0	0	0	0
р.Большой Сореннак	0,32	0,02	0,07	0,03	0	0	0	0
р.Бастак	0,38	0,02	0,03	0,01	0	0	0	0
р.Митрофановка	1,05	0,18	0,07	0,03	0,001	0	0	0
р.Глинянка	1,34	0,18	0,08	0,05	0,0003	0	0	0
ПДК сан-гиг.[7]	0,3	0,1	5	0,1	0,1	0,01	0,1	0,03
ПДК рыбохозяйств [8]	0,1	0,01	0,01	0,001	0,01	0,005	0,01	0,006

Суммарное содержание исследованных ТМ наиболее высоко в р. Глинянка и р. Митрофановка (рис. 1). Ни в одном образце нет свинца, никеля и кадмия, что возможно в отсутствие антропогенного воздействия и нарушения территорий.

Наблюдается значительная разница между реками горного типа (Бастак, Б. Сореннак, ручьи г. Чернуха) и равнинного типа (р. Глинянка, р. Митрофановка).

Для последних характерно более высокое содержание исследованных тяжелых металлов, в первую очередь, железа и марганца. Данные по р. Митрофановка получены впервые. Небольшие количества кобальта обнаружены только в р. Митрофановка и р. Глинянка (равнинные реки) 0,00115 и 0,0003 соответственно. Концентрации меди и цинка достигают максимума в равнинных реках (в 1,5 раза больше, чем в горных для цинка, в 2 раза для меди) (рис. 2).

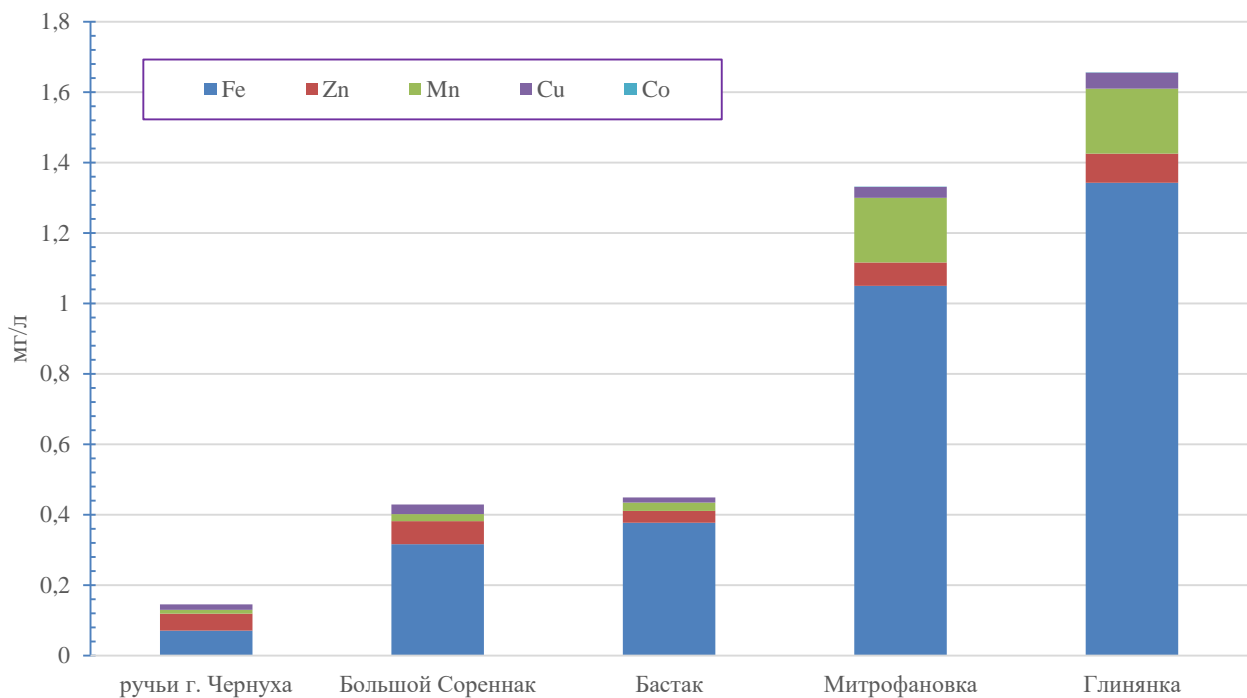


Рисунок 2. Содержание ТМ в реках заповедника «Бастак», мг/л.

Разница в суммарном накоплении ТМ происходит преимущественно за счет доли железа, в меньшей степени – марганца. Анализ корреляции суммарного содержания ТМ в воде рек с высотой над уровнем, выполненный с

использованием коэффициента корреляции Спирмена, показал наличие отрицательной связи средней силы (-0,69) при $p=0.05$. При этом наибольший вклад вносит железо, несколько меньший – марганец (рис.3).

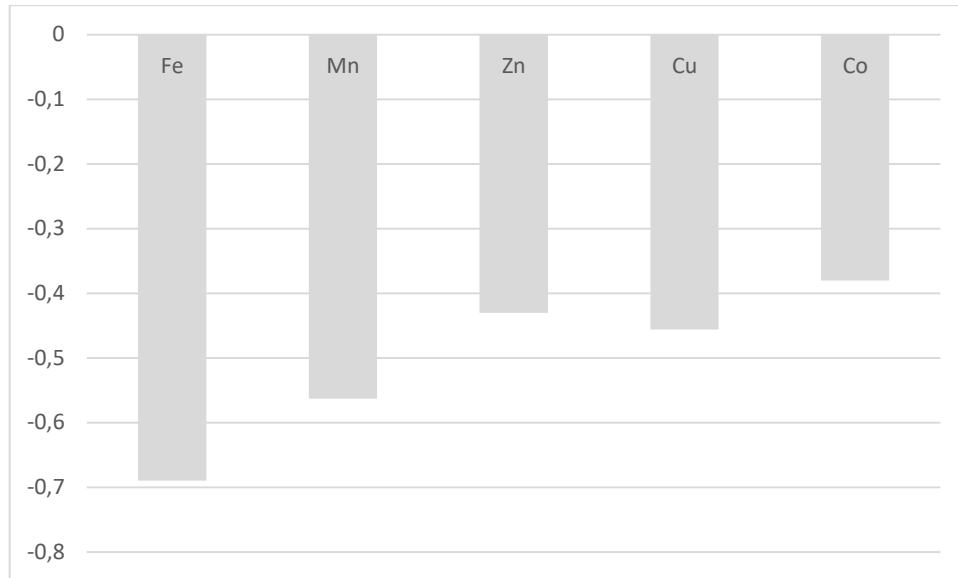


Рисунок 3. Значения корреляции содержания ТМ в реках заповедника «Бастак» с высотой над уровнем моря, мг/л.

Содержание ТМ относительно санитарно-гигиенических нормативов

Установлено, что вода из исследованных рек содержит марганец и железо в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормативы [7], а также цинк, и, в особенности, медь, в количествах превышающих нормативы для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение (рис.4) [8].

Результаты химического анализа совпадают с предыдущими исследованиями в части превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) содержания железа и марганца в воде. Концентрации общего железа в воде исследованных рек (Бастак – 0,377 мг/л, Большой Сореннак – 0,316 мг/л, Глинянка – 1,343 мг/л, Митрофановка – 1,05 мг/л, ручьи – 0,07 мг/л) и марганца (Бастак – 0,024 мг/л, Большой Сореннак – 0,02 мг/л, Глинянка – 0,185 мг/л, Митрофановка – 0,183 мг/л, ручьи – 0,011 мг/л) свидетельствуют о том, что во всех обследованных реках зафиксировано превышение санитарно-гигиенических нормативов [7] по

концентрации Mn (0,01 мг/л) более чем в 1,8 раз, все реки в той или иной степени превышают санитарные нормативы содержания железа в воде (до 13 раз).

Сравнение полученных данных с нормативами, установленными для водоемов рыбохозяйственного значения [8], показало их превышение для марганца, железа, а также, для цинка и, в особенности, меди (рис. 4).

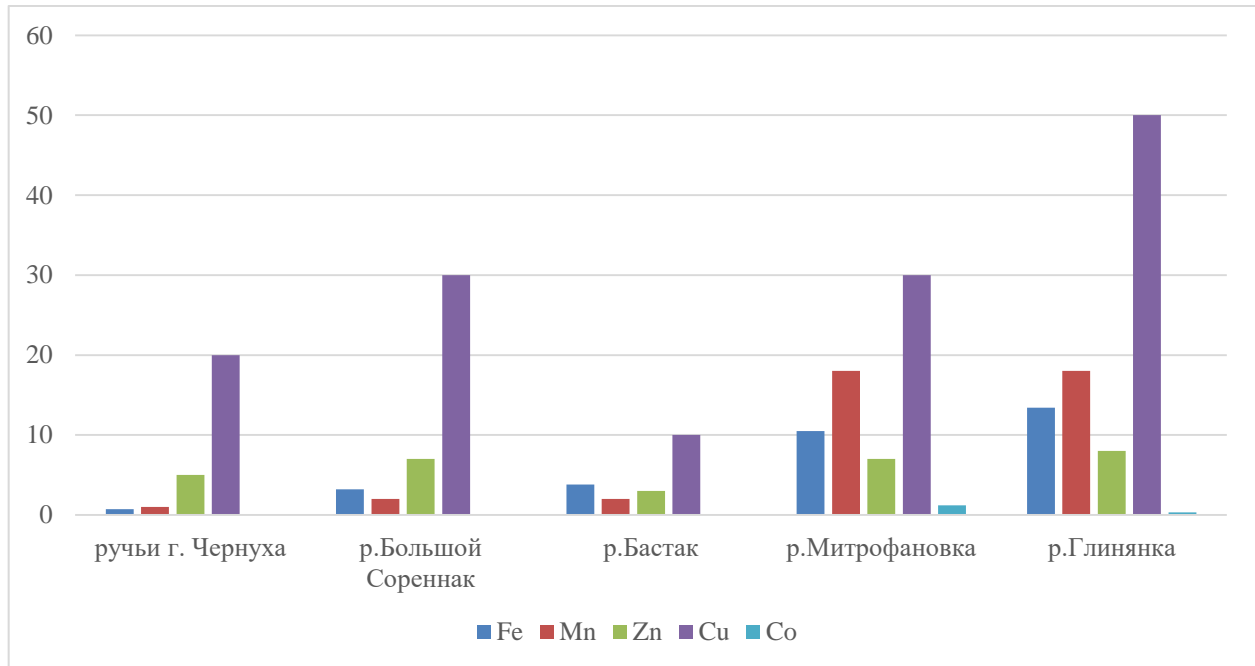


Рисунок 4. Кратность превышения ПДК ТМ, установленных для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение [8], в воде рек заповедника «Бастак».

Превышение рыбохозяйственных нормативов по содержанию меди, цинка, марганца и железа наблюдается во всех исследованных водных объектах, наибольшее – в р. Глинянка (рис.4). Наибольшее превышение рыбохозяйственных нормативов наблюдается для меди в р. Глинянка (в 50 раз), наименьшее число превышений нормативов – в р.Бастак и ручьях г.Чернуха.

Анализ межгодовых изменений содержания железа и марганца

Полученные данные были сопоставлены с данными, полученными в тот же гидрологический сезон в 2021 году. По сравнению с 2021 годом [5] содержание железа в реке Бастак (июнь) увеличилось с 0,07 до 0,37, в р. Большой Сореннак (июнь) увеличилось с 0,09 до 0,32, в р. Глинянка увеличилось с 0,58 до 1,34.

Концентрации марганца в 2,2 и 2,8 раза выше, чем летом 2021 года для р. Большой Сореннак и р. Бастак соответственно. Разница между результатами анализа железа и марганца в предыдущих исследованиях могла быть объяснена различиями в интенсивности и режиме атмосферных осадков и годовой динамики рек. Кроме того, некоторые расхождения могут возникнуть из-за различных точек отбора проб.

Оценка геохимических особенностей рек кластерного участка «Центральный» Концентрации марганца и железа в речной воде ЕАО являются аномальными. Содержание именно этих элементов изучалось больше всего в целях охраны здоровья населения. В водах бассейна р. Бира в 2018-2019 [6,9] в водотоках, берущих свое начало в предгорьях Малого Хингана (р. Кимкан, р. Кульдур, р. Биракан, р. Каменушка) и Буреинского хребта (р. Никита, р. Сагды-Бира, р. Трек, р. Икура), также прослеживается превышение содержания марганца и, в большей части, железа (Mn (ср. 2019) – 0,03 мг/л; Fe (ср. 2019) – 0,54 мг/л).

Изучаемые реки заповедника Бастак (Большой Сореннак, Бастак, Митрофановка, Глинянка) также относятся к предгорьям Буреинского хребта, но не к бассейну р. Бира, поскольку впадают в р. Большой Ин. Сравнение наборов данных по притокам р. Бира (Малого Хингана, и Буреинского хребта) 2018-2019 [7] с данными по притокам р. Большой Ин 2020-2021 [4] и 2022 годов представлено на рисунке 5.

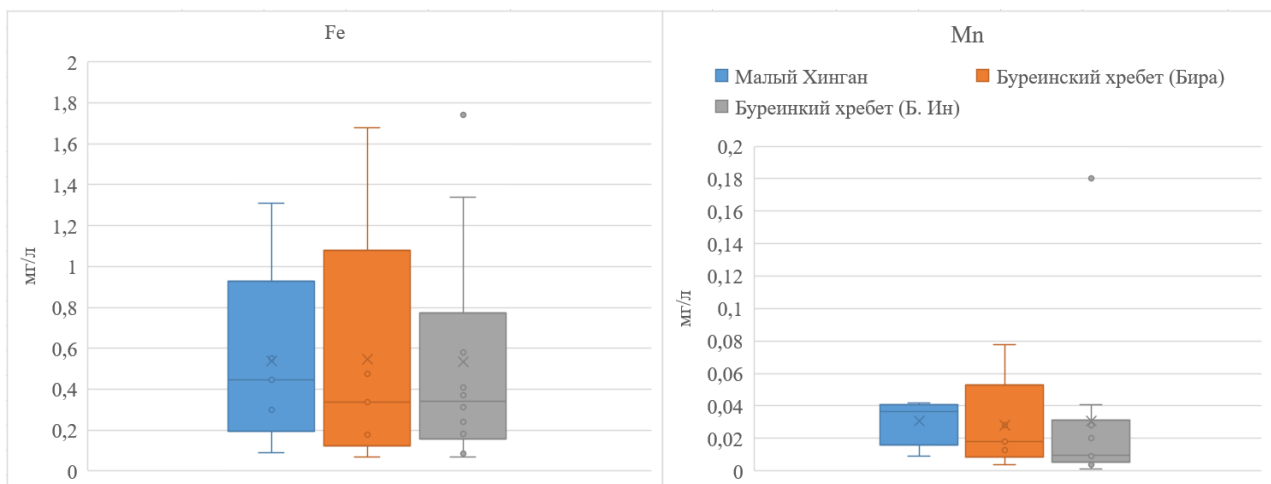


Рисунок 5. Содержание железа и марганца в речной воде ЕАО в различных речных бассейнах.

Реки Малого Хингана испытывают большее воздействие железомарганцевых руд чем реки Буреинского хребта (среди притоков р. Бира) (Fe (мед. 2019) – 0,336 против 0,445 мг/л; Mn (мед. 2019) – 0,037 против 0,018 мг/л). Изученные нами реки бассейна р. Большой Ин имеют схожее с буреинскими притоками р. Бира содержание железа (Fe (мед. 2017, 2020-2022) – 0,34 мг/л), но меньшее чем во всех притокам р. Бира независимо от истока содержание (Mn (мед. 2017, 2020-2022) – 0,018 мг/л).

Таким образом, реки бассейна р. Большой Ин схожи с другими реками ЕАО в части наблюдаемых превышений ПДК Fe и Mn. Тем не менее, содержание тяжелых металлов может падать по мере удаления от железомарганцевых месторождений. Реки, берущие свои начало с Буреинского хребта в содержании железа и марганца схожи в большей степени чем реки бассейна р. Бира.

Полученные в настоящем исследовании данные о содержании тяжелых металлов в определенных реках могут быть использованы как для пополнения данных по гидрохимическим особенностям рек заповедника «Бастак», так и для планирования хозяйственной деятельности и использования водных ресурсов в ЕАО. Кроме того, настоящие исследования способствуют выявлению долговременных трендов содержания ТМ в реках области, что поможет более точно учитывать межгодовые колебания содержания тяжелых металлов в поверхностных водах.

Список источников

1. Бебешко Т. В., Макаренко В. П. Реки заповедника Бастак //Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2016. – №. 3 (24). – С. 9-13.
2. Бондарева Д. Г. Избыточное содержание железа в питьевых водах ЕАО как результат воздействия природных и антропогенных факторов // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2012. № 2 (11). С. 5—11.

3. Макаренко В. П., Бебешко Т. В. Первые сведения о морфометрии и гидрологии реки Бастак // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2017. – №. 3 (28). – С. 62-66.
4. Львов И. А., Ревуцкая И. Л. Сравнительный анализ содержания железа и марганца в реках заповедника «Бастак» ЗА 2020—2021 годы // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2022. – №. 3 (48). – С. 61-73.
5. Ревуцкая И. Л. Железо в речных водах заповедника «Бастак» // Современные научные взгляды в эпоху глобальных трансформаций: проблемы, новые векторы развития. – 2021. – С. 74-76.
6. ГОСТ 59024-2020. «Вода. Общие требования к отбору проб».
7. СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
8. Приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
9. Ревуцкая И. Л., Христофорова Н. К., Суриц О. В. Марганец в гидросфере Еврейской автономной области: поверхностные воды // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – №. 6. – С. 2.

References

1. Bebeshko T. V., Makarenko V. P. Rivers of the Bastak reserve // Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem. – 2016. – №. 3 (24). – Pp. 9-13.
2. Bondareva D. G. Excess iron content in drinking waters of the EAO as a result of the impact of natural and anthropogenic factors // Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem. 2012. No. 2 (11). pp. 5-11.
3. Makarenko V. P., Bebeshko T. V. The first information about the morphometry and hydrology of the Bastak river // Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem. – 2017. – №. 3 (28). – Pp. 62-66.

4. Lvov I. A., Revutskaya I. L. Comparative analysis of iron and manganese content in the rivers of the Bastak Reserve for 2020-2021 // Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem. – 2022. – №. 3 (48). – Pp. 61-73.
5. Revutskaya I. L. Iron in the river waters of the Bastak Reserve // Modern scientific views in the era of global transformations: problems, new vectors of development. – 2021. – pp. 74-76.
6. GOST 59024-2020. "Water. General requirements for sampling".
7. SanPiN 1.2.3685-21. "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans".
8. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 dated December 13, 2016 "On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance".
9. Revutskaya I. L., Khristoforova N. K., Surits O. V. Manganese in the hydrosphere of the Jewish Autonomous Region: surface waters // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – No. 6. – p. 2.

Для цитирования: Иванов Е. С., Динкелакер Н. В., Ревуцкая И. Л., Лонкина Е. С., Тамбулатова Е. В. Содержания тяжелых металлов в воде малых рек заповедника бастак в июне 2022 года // Московский экономический журнал. 2023. № 8. URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-8-2023-26/>

© *Иванов Е. С., Динкелакер Н. В., Ревуцкая И. Л., Лонкина Е. С., Тамбулатова Е. В., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 8.*