

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №6, Том 12 / 2020, No 6, Vol 12 <https://esj.today/issue-6-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/02NZVN620.pdf>

DOI: 10.15862/02NZVN620 (<http://dx.doi.org/10.15862/02NZVN620>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ревуцкая И.Л., Христофорова Н.К., Суриц О.В. Марганец в гидросфере Еврейской автономной области: поверхностные воды // Вестник Евразийской науки, 2020 №6, <https://esj.today/PDF/02NZVN620.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02NZVN620

For citation:

Revutskaya I.L., Khristoforova N.K., Surits O.V. (2020). Manganese in the hydrosphere of the Jewish autonomous region: surface water. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(12). Available at: <https://esj.today/PDF/02NZVN620.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/02NZVN620

УДК 556.5

ГРНТИ 37.27.27

Ревуцкая Ирина Леонидовна

ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», Биробиджан, Россия
Заведующая кафедрой «Географии, экологии и природоохранного права»
Кандидат биологических наук, доцент
E-mail: irina.etx@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=642811

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55734752300>

Христофорова Надежда Константиновна

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия
Профессор кафедры «Экологии»
Доктор биологических наук, профессор
E-mail: more301040@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=59132

Суриц Ольга Владленовна

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ЕАО», Биробиджан, Россия
Заведующая отделом системы качества ИЛЦ и ОИ
Врач по санитарно-гигиеническим лабораторным исследованиям
Кандидат биологических наук
E-mail: sangilab@mail.ru

Марганец в гидросфере Еврейской автономной области: поверхностные воды

Аннотация. В настоящее время все более актуальным становится знание о содержании марганца в поверхностных водах Еврейской автономной области, поскольку уже начата разработка и добыча железо-марганцевых руд в районе Биджанского месторождения на северо-западе области. Планируется разработка железо-марганцевых месторождений в других районах автономии. Однако мы недостаточно осведомлены о миграции этого элемента, его разное водотоками по гидросети, смене форм транспортировки в связи с заболоченностью территории автономии, возможном негативном влиянии на водные организмы.

Цель нашей работы – изучить распределение марганца в поверхностных водотоках с учетом геологических особенностей и природных условий Еврейской автономной области. Содержание валового марганца в поверхностных водах реки Бира и преимущественно её

северных притоков, расположенных на территории автономии, определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

В статье представлены результаты определения марганца и железа, а также показателей, которые оказывают влияние на их миграционную способность, в поверхностных водотоках Еврейской автономной области за два года.

В работе описаны и проанализированы природные условия и геологические особенности автономии, влияющие на распределение марганца в её поверхностных водах.

В результате проведенного исследования выявлено, что на всех реках отражается специфика природных условий их формирования. В водотоках северо-западной части области, дренирующих предгорья Малого Хингана, четко проявляется влияние месторождений железомарганцевых руд. В реках, сбегаящих с южных отрогов Буреинского хребта, марганцевой рудоносности не ощущается. Резкий поворот Биры от горного севера на юг, к Амуру, происходит на фоне контрастного изменения рельефа и тесного контакта реки с соседствующей с ней заболоченной равниной. Природные процессы и источники поступления Mn в речные воды меняются: начинается поступление растворимых гумусовых комплексов металла с болотного водосбора.

Ключевые слова: Еврейская автономная область; речные воды; марганец; месторождения марганцевых руд; геоэкологическая обстановка; допустимые уровни; качество поверхностных вод; водные объекты; рудоносность региона

Введение

Еврейская автономная область (ЕАО) известна как биогеохимическая провинция, дефицитная по I, F, Ca, Mg, Cu, Se и избыточная по таким элементам, как Fe и Mn. Избыток этих двух элементов наиболее ярко проявляется в природных водах – поверхностных и подземных [1–4]. Пресные подземные воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения области. Качество этих вод, поступающих в централизованную и нецентрализованную системы водоснабжения, оценивается ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ЕАО» по санитарно-химическим и микробиологическим показателям и доводится до сведения жителей автономии в ежегодном государственном докладе «Об экологической ситуации в Еврейской автономной области». В поверхностных водах исследовалось преимущественно железо, хотя марганец также определялся, однако он не был преобладающим элементом и оставался практически необсуждаемым. В то же время знание о содержании Mn в поверхностных водах ЕАО становится все более актуальным, поскольку уже ведется разработка и добыча железо-марганцевых руд в районе Биджанского месторождения на северо-западе области. Ожидается также разработка Южно-Хинганского месторождения, расположенного в Октябрьском районе, которое наряду с рудами Парнокского месторождения на Урале, Порожинского в Красноярском крае и Николаевского в Иркутской области относится к наиболее значимым и перспективным для промышленного освоения марганцевым рудам, относящимся к дефицитным полезным ископаемым России. Однако мы пока недостаточно осведомлены о распространении этого элемента, его разnose по гидросети, смене форм миграции в связи с заболоченностью территории автономии, а также возможным негативном влиянии на водные организмы.

Mn – это истинный биоэлемент, необходимый для построения и жизнедеятельности клеток и организмов. По количеству в организмах он является микроэлементом, как и Fe, Co, Cu, Zn, Mo и др., которые входят в структуру и активные центры ферментов, регулируя многие биохимические реакции. Марганец расположен в VIII группе периодической системы элементов. По строению валентных электронных уровней его относят к элементам d-семейства,

особенностью которых является ненасыщенность d-уровня, обуславливающая их переменную валентность и способность к комплексообразованию.

Особенно Mn нужен растениям: он способствует утилизации CO₂ макро- и микрофитами, чем повышает интенсивность фотосинтеза (его соединения участвуют в выделении кислорода при фотосинтезе), участвует в процессах восстановления нитратов и ассимиляции азота растениями. Марганец способствует переходу активного Fe(II) в Fe(III), что предохраняет клетку от отравления, ускоряет рост растений и их созревание и т. д. Растительные организмы богаче марганцем, чем животные. Обладая высоким значением окислительно-восстановительного потенциала, Mn активирует процессы окисления, что многократно подтверждено физиологами растений и животных. Он участвует в цветении, формировании костной ткани, размножении, в росте, углеводном и жировом обмене, тканевом дыхании и многом другом [5–9]. Однако его избыток имеет негативные последствия, что неоднократно отмечалось в биогеохимических исследованиях как на людях, высших наземных животных и растениях [10–13 и другие], так и на гидробионтах, на чем мы остановимся ниже.

В поверхностные воды марганец поступает в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других содержащих марганец минералов (пиролюзит, псиломелан, браунит, манганит, черная охра). В значительных количествах он поступает в среду с терригенным стоком, а также в результате разложения гидробионтов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений [14]. Его соединения выносятся в водоемы со сточными водами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и с шахтными водами. В речных водах содержание этого элемента колеблется от 1 до десятков и даже сотен мкг/дм³ [15]. Главной формой его миграции является тонкая взвесь.

В природных водах в результате окисления Mn(II) до буро-коричневого оксида MnO₂ и других высоковалентных оксидов, выпадающих в осадок, происходит снижение концентрации ионов марганца. Интенсивность окисления зависит от концентрации растворенного кислорода, величина pH и температуры. Содержание растворенных соединений марганца понижается также вследствие утилизации их водорослями и высшими водными растениями.

Еще в начале 60-х годов при изучении донных отложений Балтийского моря было замечено, что во всех местах, где встречались коричневые грунты, содержащие марганцевые соединения и конкреции, видовой состав инфауны был беден и численность некоторых форм, в первую очередь моллюсков, уменьшалась. Со временем была выявлена прямая зависимость распределения моллюсков в Рижском заливе (соленость 6 ‰) от концентрации Mn в среде. В многочисленных экспериментах, проведенных в 1960–70-х гг., было установлено, что ион марганца мало токсичен для моллюсков, однако на его присутствие животные отвечают изменением обмена веществ, жизнестойкости, поведения. Марганцевый обмен регулируется в довольно узких пределах. С увеличением содержания марганца в среде происходит накопление элемента в органах и тканях моллюсков, стимулируется их энергетический обмен и резко возрастает потребление кислорода [16]. Из-за высокого окислительно-восстановительного потенциала животные избегают накопления Mn. В связи с этим в России приняты довольно жесткие нормы по содержанию марганца в поверхностных водах: ПДК Mn²⁺ для вод рыбохозяйственного значения 10 мкг/дм³ (ПДК-2010), при том что среднее содержание растворенного Mn в реках мира составляет 34 мкг/дм³ [17], а в водах Амура его количество находится на уровне 14–51,7 мкг/дм³ [18].

В связи с этим целью нашей работы являлось изучение распределения марганца в поверхностных водотоках ЕАО с учетом геологических особенностей и природных условий. Объектом исследования была выбрана р. Бира и её преимущественно северные притоки. Отбор проб речной воды проведен в июле 2019 г.

Район работ, материалы и методы

Орография территория ЕАО резко контрастна. В ней выделяются северо-западная часть, характеризующаяся преобладанием горных форм рельефа, и юго-восточная часть, являющаяся плоской значительно заболоченной равниной. Речная сеть автономии густая и разветвлённая. Она представлена бассейнами левых притоков Амура, самыми крупными из которых являются Бира и Биджан. Большинство рек, берущих начало в горной части, имеют горный и полугорный характер. Русло рек, сложенное в верховьях валунно-галечниковым материалом, имеет небольшую глубину (0,5–1,5 м), реки отличаются довольно быстрым течением (2–2,5 м/сек.) и высокой прозрачностью вод. При выходе на равнину стремительность рек заметно замедляется, и в нижнем течении их вода приобретает коричневый оттенок гумусовых болотных вод.

Геологическое строение ЕАО весьма сложное: область расположена на стыке древнего Буреинского срединного массива докембрийского возраста и обрамляющего его более молодого пояса каледонско-герцинско-киммерийской складчатости [19]. Буреинский срединный массив является частью Амурской металлогенической провинции [20]. Месторождения марганца приурочены преимущественно к Малохинганской структурно-фациальной зоне, сформировавшейся к концу кембрийского периода.

Крупное месторождение железомарганцевых руд Биджанское (Кабалинское), представляющее собой пластовую залежь, простирающуюся на 2 км с мощностью до 300 м, расположено в районе Биракана (верховья р. Биджан). Разведанные запасы марганца составляют 6 млн т, содержание элемента в руде – 18,4 % (железо валовое – 13 %). Второе крупное месторождение железомарганцевых руд Южно-Хинганское расположено вблизи от села Союзное в Октябрьском районе ЕАО. Рудное поле вытянуто в меридиональном направлении полосой шириной 6–8 км. Длина поля – 54 км. Общие запасы – 9 млн т, содержание Mn в руде – 19,2–21,1 % (Fe – 34,6 %) [21].

Жители Биробиджана, как и остальное население области, пьют подземную воду, содержащую избыточное количество Fe и Mn, требующую перед подачей в водопроводную сеть предварительного обезжелезивания и деманганации, что осуществляется на станциях обезжелезивания. Несмотря на эту меру ежегодно в докладах Управления Роспотребнадзора по ЕАО, говорится о превышении санитарных норм по содержанию данных элементов в питьевых водах. Так, в докладе 2016 г. отмечалось, что количество неудовлетворительных проб питьевой воды, загрязненных железом и марганцем, в Ленинском районе достигало 40,4 и 50,0 % соответственно, в Октябрьском – 38,9 и 47,1 %, в Смидовичском районе – 44,2 и 51,9 %. Подчеркивалось, что низкое качество питьевой воды на территории области связано в первую очередь с природными факторами – повышенным содержанием в воде водоносных горизонтов соединений железа и марганца¹. В подземные горизонты вода поступает из поверхностных источников, по пути еще более обогащаясь железом и марганцем при контакте с рудными залежами.

Известно, что Mn мигрирует в речных водах в составе взвеси – до 98,3 % [22; 23 и другие]. В воде Амура он также находится преимущественно во взвешенной форме – максимально до 94,5 % [18]. Состав взвеси определяется составом пород, дренируемых водами, а также коллоидными гидроксидами тяжелых металлов, сорбирующими соединения марганца. Существенное значение в миграции марганца в растворенной и коллоидной формах в поверхностных водах Приамурья имеют органические вещества, прежде всего гумусовой природы [18]. На геохимическую подвижность Mn влияют также реакция среды (pH),

¹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Еврейской автономной области в 2015 году». Биробиджан: Управление Роспотребнадзора по ЕАО, 2016. 120 с.

окислительно-восстановительный потенциал, гидротермические условия. В связи с резким преобладанием взвешенных форм в сумме взвешенного и растворенного марганца мы не фильтровали отбираемые пробы и определяли содержание элемента в воде рек как суммарное, или валовое.

В данной статье обсуждается отбор, сделанный в июле 2019 г. вскоре после интенсивных дождей. Пробы воды отбирались преимущественно на левых притоках речной системы Большой Биры, самой крупной реки области (рис. 1). Площадь ее водосбора составляет почти 1/3 территории ЕАО. Обследованные реки берут начало в двух горных системах: Малый Хинган (Кимкан, Кульдур, Биракан, Каменушка) и Буреинский хребет (Никита, Сагды-Бира, Трек, Икура). Долина довольно крупной реки Сутары лежит между двумя хребтами – Малым Хинганом и Сутарским. В верховьях р. Бира (в бассейнах рек Кульдур и Сутара) отмечены многочисленные проявления железомарганцевых руд. Почти на всех местах отбора проб вода была обильной, коричнево-красной, прозрачной, быстро текущей.

В предыдущем году пробы воды для анализа на Mn отбирались впервые. Отбор был сделан в октябре. На момент взятия проб дождей на территории ЕАО не было в течение полутора месяцев. Уровень воды во всех реках был невысокий, вода была прозрачной, бесцветной, без элементов поверхностного стока. Результаты октябрьского 2018 г. отбора доложены на российско-китайской конференции, посвященной 30-летию Приамурского университета им. Шолом – Алейхема и опубликованы [24]. Поскольку природные условия в момент опробования рек осенью 2018 и летом 2019 гг. сильно отличались, мы включили в таблицу с нашими данными также результаты предыдущего отбора.

Ниже описаны представленные на рис.1 точки отбора проб воды в июле 2019 г. Они практически совпадают с местами предыдущего отбора, но число их откорректировано и уменьшено.

1. *Верхний Кимкан.* Правый приток реки Кимкан, впадающей в р. Кульдур. Начинается на восточном склоне Малого Хингана на высоте 460–470 м над уровнем моря. Вода отобрана на расстоянии 6,5 км от истока и в 4 км от места впадения в р. Кульдур.

2. *Кульдур.* Левый исток р. Бира. Берет начало на хребте Малый Хинган на высоте 700 м. Отбор воды сделан в нижнем течении реки между поселками Известковый и Биракан в 3,5 км от устья.

3. *Биракан.* Берет начало на хребте Малый Хинган на высоте 700 м. Вода отобрана в 2 км от устья.

4. *Каменушка.* Берет начало на высоте 800 м. Ее долина разделяет хребты Малый Хинган и Буреинский. Правобережные притоки собирают воду с Малого Хингана, левобережные – со склонов южных отрогов Буреинского хребта. Вода отобрана в 4 км от устья.

5. *Никита.* Начинается в виде Большой Никиты на высоте 1150 м, стекающей с южных отрогов Буреинского хребта. Проба отобрана в 4 км от устья.

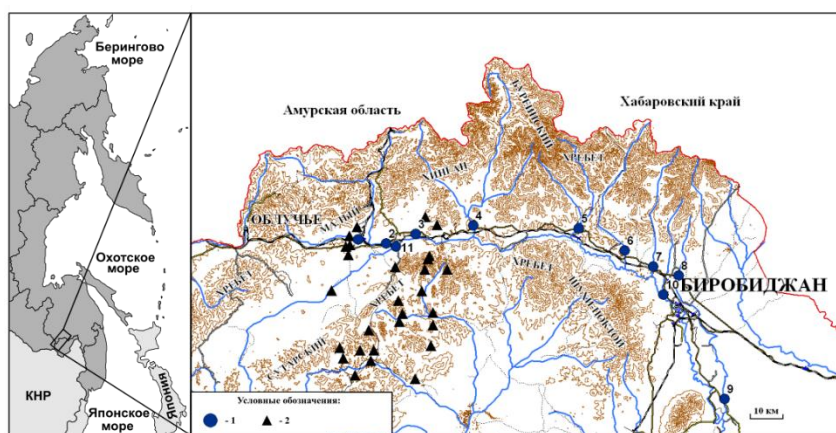
6. *Сагды-Бира.* Берет начало на высоте 1160 м. Вода отобрана в 6 км от устья.

7. *Трек.* Начинается на высоте 700 м. Проба отобрана в 3 км от устья.

8 и 9. *Икура.* Берет начало на высоте 500 м в предгорной части Буреинского хребта на территории заповедника «Бастак». Отбор сделан в среднем течении реки в нескольких километрах к северу от г. Биробиджана (ст. 8) и в нижнем течении, у моста между Желтым Яром и Найфельдом, в 8 км от устья (ст. 9).

10. *Бира (Большая Бира)*. Начинается слиянием рек Сутара и Кульдур на высоте 240 м. Проба взята на левом берегу ниже впадения р. Кирга в южной части пос. Раздольное (характеризует качество воды перед Биробиджаном).

11. *Сутара*. Единственный в нашем исследовании правый приток Биры, является одним из её истоков, протекает по территории, где находятся россыпи золота и месторождения железо-марганцевых руд. Левобережные притоки Сутары сбегают с Малого Хингана, правобережные – с Сутарского хребта. Проба отобрана на правом берегу р. Сутара в 1 км от места слияния рек Сутара и Кульдур.



1. точки отбора проб; 2. месторождения железных, железомарганцевых и марганцево-железистых руд

Рисунок 1. Карта-схема точек отбора проб воды на р. Бира и её притоках (составлено авторами)

В октябре 2018 г. для определения в воде суммарного (валового) содержания марганца был использован фотометрический метод с формальдоксимом, согласно руководящему документу Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РД 52.24.467-2008². Результаты представлены как среднее из трех повторных определений.

В июле 2019 г. определение в воде массовых концентраций (суммарных форм) марганца и железа выполнено на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2 АТ» в соответствии с требованиями документа ПНД Ф 14.1:2.4.214-06³. Пробы были отобраны на 11 станциях, как правило, в устьевых или приустьевых зонах впадающих в Бирю притоков. Отбор проб поверхностных вод производился в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012⁴. Поскольку предполагалось определение суммы форм металла, нефилтрованные пробы сразу же после отбора подкислялись конц. HNO_3 до $\text{pH} < 2$, также в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Excel 2007. Результаты определения валового содержания марганца в водах Биры и её притоков в июле 2019 г. представлены в табл. 1. Здесь же приведена информация по валовому железу и данным по содержанию марганца в реках опробования 2018 г.

² Массовая концентрация марганца в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с формальдоксимом. Руководящий документ РД 52.24.467-2008. Ростов-на-Дону, 2008. 16 с.

³ ПНД Ф 14.1:2.4.214-06. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций железа, кадмия, марганца, никеля, меди, цинка, хрома, свинца в питьевых, поверхностных и сточных водах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии.

⁴ ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Результаты и обсуждение

Согласно данным таблицы, как в осеннем, так и летнем опробовании воды рек (Биры и ее притоков) характеризовались слабокислой реакцией среды (способствующей миграции элемента в растворенной форме), с близкими значениями pH (6,2–6,6 и 6,4–6,5, соответственно), существенно, однако, различаясь температурой в соответствии с сезоном года (1–3,5 и 12–24 °С). Самые высокие показатели температуры воды, способствующие ускорению химических реакций, в том числе разложению органического вещества и образованию растворимых гуматов Mn, отмечены только на двух точках в долиненной спокойно текущей р. Икура – в ее среднем и нижнем течении в июле 2019 г. Гидротермический фактор, как и pH среды, является определяющим в геохимической подвижности Mn.

В летнем отборе наибольшие концентрации суммарного Mn наблюдались на реках Кимкан, Кульдур, Биракан, Сутара, дренирующих территории, находящихся в зоне Биджанского месторождения железомарганцевых руд (0,036–0,042 мг/дм³). Однако со смещением мест отбора проб к востоку концентрации элемента в водах рек заметно снизились (0,004–0,018 мг/дм³). В реках, сбегаящих с отрогов Буреинского хребта, проявлений марганцевой рудоносности не ощущается. Самое низкое содержание марганца определено в р. Никита – 0,004 мг/дм³.

Таблица 1

Валовое содержание марганца и железа (мг/дм³) в Бире и ее притоках, октябрь 2018 г., июль 2019 г.

Место отбора, река	t°С		pH		Валовое содержание Mn		Валовое содержание Fe
	2018	2019	2018	2019	2018	2019 (ААС)	2019 (ААС)
1. В. Кимкан	1,0	12	6,4	6,4	0,14	0,042±0,0006	0,551±0,009
2. Кульдур	1,9	12	6,2	6,4	0,12	0,037±0,001	0,298±0,029
3. Биракан	1,9	12	6,2	6,5	0,21	0,036±0,003	0,445±0,031
4. Каменушка	2,0	14	6,2	6,4	0,055	0,009±0,001	0,088±0,012
5. Никита	2,5	14	6,4	6,4	0,085	0,004±0,001	0,067±0,017
6. Сагды-Бира	2,9	12,9	6,2	6,4	0,075	0,013±0,001	0,176±0,036
7. Трек	2,5	12,9	6,4	6,4	0,025	0,018±0,001	0,336±0,019
8. Икура (среднее течение)	2,5	24	6,4	6,4	0,075	0,078±0,003	1,679±0,1
9. Икура (нижнее течение, у с. Жёлтый Яр)	3,0	24	6,4	6,4	0,225	0,139±0,002	2,358±0,297
10. Бира (с. Раздольное)	3,5	18	6,2	6,5	0,070	0,028±0,002	0,477±0,006
11. Сутара	–	16	–	6,4	–	0,039±0,002	1,309±0,054

Примечание: Значение ПДК Mn²⁺ для воды рек рыбохозяйственного значения составляет 0,01 мг/дм³, ПДК Fe – 0,1 мг/дм³ (ПДК-2010)⁵ (составлено авторами)

Круто повернувшись на юг, Бира как бы отделила своей долиной сильно заболоченную восточную часть территории ЕАО от центральной и западных областей автономии. Изменение экологической обстановки сразу же отразилось на водах Икуры, протекающей по равнинной заболоченной территории, оказывающей влияние на состав речной воды. На самой южной из точек отбора, расположенной в её нижнем течении, в 8 км от впадения в Бирю, обнаружено наибольшее содержание марганца – 0,139±0,028 мг/дм³. Здесь также наблюдалась наименьшая прозрачность воды.

⁵ ПДК 2010. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения. – Утвержден приказом Руководителя Федерального агентства по рыболовству А.А. Крайнего № 20 от 18 января 2010 г., зарегистрировано Министерством юстиции 9 февраля 2010 г., № 16326, 215 с.

Определяемое параллельно с марганцем в речных водах содержание железа не контрастировало с данными по Mn, а усиливало их значение, правда, отличаясь от них на порядок и более величин. Как и для Mn, высокое содержание Fe выявлено в среднем течении Икуры ($1,679 \pm 0,336$ мг/дм³), а наибольшее – в нижнем её течении ($2,358 \pm 0,470$ мг/дм³). Река Сутара, несшая мимо нас в момент отбора рыжие мутные воды с обилием взвеси, отразила это обилие, как в содержании железа, так и марганца – $1,309 \pm 0,262$ и $0,039 \pm 0,008$ мг/дм³, соответственно. Минимальные же значения концентраций Fe, как и в случае Mn, найдены в Каменушке и Никите.

Как отмечено ранее, поверхность территории автономии представлена двумя типами рельефа: горным и равнинным. На северо-западе и севере располагаются наиболее высокие хребты – Малый Хинган и Буреинский. Западная и центральная части территории имеют низкогорный рельеф. На юге и юго-востоке простирается Среднеамурская аллювиальная низменность, аккумулятивная впадина, являющаяся частью заходящей в пределы России обширной низменности, расположенной на северо-востоке Китая. Вследствие тектонического прогибания фундамент Среднеамурской впадины медленно погружается со скоростью 1–4 мм/год, сопровождаясь появлением в рельефе непроходимых болот [25]. Однако болотные образования ЕАО, на которые приходится около 30 % территории области, не связаны с грунтовыми водами и вызваны избытком атмосферной влаги и ограниченной фильтрационной способностью глинистых почвогрунтов. Болотные воды отличаются повышенным количеством органических соединений и очень низкой минерализацией. Гуминовые кислоты болотных вод переводят Mn и Fe в растворимые комплексы, способствуя их миграции и поступлению в поверхностные водотоки. Изучая крупные озера Удыль и Болонь бассейна Амура, С.И. Левшина (2012) отмечала, что содержание валового растворенного Mn в их водах превышает ПДК в 5 и 7 раз соответственно, что связано с поступлением растворенных марганцевоорганических соединений с болотных водосборов этих озер. Подпитка Икуры растворенными гуматами марганца и железа сразу же сказалась на уровне содержания элементов в водах этой реки, как в среднем, так и особенно в нижнем течении.

Сравнение с данными 2018 г. показывает, как сильно повлияли продолжительные летние осадки того года на изменение уровней содержания Mn в речных водах. Известно, что область имеет континентальный с муссонными чертами климат и относится к зоне достаточного увлажнения – осадков выпадает 750–800 мм в год в горной части, 500–700 мм – на равнине. Однако свыше 80 % осадков приходится на июль-август. Из семи самых крупных рек области притоками Большой Биры являются Икура и Сутара, которые ощутимо влияют на состояние воды в реке. Питание рек преимущественно дождевое (на дождевой сток приходится 50–70 % общегодового стока). Паводки рек, вызванные ливневыми осадками, приводят к разливу рек, поскольку русла большинства рек области слабоврезанные и не могут вместить всю поступающую воду.

Сравнение уровней содержания Mn в Бире и ее притоках в октябрьском 2018 и июльском 2019 гг. отборах показывает, что в северо-западных реках, сбегаящих с Малого Хингана, суммарная концентрация элемента (растворенная форма плюс взвешенная) в летнем отборе была ниже, чем в предыдущем осеннем, в 3,3–6 раз. Для интенсивности потока воды и промывания русла, безусловно, имеет значение высота, с которой начинается река. В связи с этим сильное впечатление производит р. Никита. Это не только более восточная река, сбегаящая уже с отрогов Буреинского хребта (с другой геологической подложки), но и поток, устремляющийся с большой высоты – 1150 м. Разница концентраций Mn в ней между осенним (2018 г.) и летним (2019 г.) отборами достигает 21 раза. В то же время в Треке, расположенном восточнее, имеющем примерно такую же протяженность, что и Никита, но начинающемся на высоте 700 м, протекающем по более пологим склонам, такого промывания русла не наблюдается: различие концентраций составляет лишь 1,4 раза. Выход на равнину и контакт с

заболоченными территориями уравновесил процессы в Икуре. Здесь, по-видимому, уже сказалась подпитка болотными водами с растворенными в них гумусными комплексами Mn, поэтому содержание элемента в реке осталось практически неизменным. Однако за этим равенством концентраций скрываются пока непознанные нами мощные (очевидно, противоборствующие) процессы, ведь температура воды в осеннем отборе составляла 2,5 °С, летом же она достигала 24 °С. В нижнем течении этой реки разница между осенним и летним содержанием элемента в воде была небольшой – 1,6 раза. В самой Бире ниже впадения р. Кирга в летнем опробовании вод зафиксировано уменьшение содержания марганца в 2,5 раза.

Поскольку Mn мигрирует в водотоках преимущественно во взвеси, достигая в некоторых реках 98,3 % от валового содержания [22], на растворенную форму приходится небольшое количество элемента. Если количество взвешенных форм будет составлять 70 %, что отмечала С.И. Левшина (2012) для вод Амура ниже впадения в него р. Сунгари, т. е. на растворенную форму будет приходиться 30 % от валового Mn (суммы взвешенного и растворенного), то содержание растворенного Mn для рек Кимкан, Кульдур, Биракан и Сутара во время летнего 2019 г. опробования могло составлять 10,8–12,6 мкг/дм³, превосходя ПДК Mn²⁺ для вод рыбохозяйственного назначения (10 мкг/дм³). Несомненно, что в Икуре, вбирающей воды с болотных водосборов, как в среднем, так тем более в нижнем её течении, ПДК Mn²⁺ превышена в несколько раз.

Заключение

Таким образом, летнее опробование поверхностных вод бассейна р. Бира (июль 2019 г.) подтвердило выявленный ранее (октябрь 2018 г.) абрис распределения уровней содержания марганца как в самой реке, так и в водах её притоков. На всех реках отражается специфика природных условий их формирования. В водотоках северо-западной части области, дренирующих предгорья Малого Хингана, четко проявляется влияние месторождений железомарганцевых руд. В реках, сбегаящих с южных отрогов Буреинского хребта, марганцевой рудоносности не ощущается. Резкий поворот Биры от горного севера на юг, к Амуру, происходит на фоне контрастного изменения рельефа и тесного контакта реки с соседствующей с нею заболоченной равниной. Природные процессы и источники поступления Mn в речные воды меняются: начинается поступление растворимых гумусовых комплексов металла с болотного водосбора.

Отбор проб воды в реках после интенсивных летних дождей (конец июля) и сравнение полученных результатов по содержанию в воде марганца с данными для сухого периода второй половины осени предыдущего года показало силу миграционной способности горных и предгорных водотоков, уровень промывания их русел дождевыми потоками, а также вовлечения в водотоки поверхностного смыва с приречных территорий и остаточное количество в водотоках элемента-индикатора, указывающего на природу геохимической провинции, а также на возможное её влияние на водное население.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотова Т.Н. Государственный мониторинг состояния недр. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Еврейской автономной области за 2002 г. Вып. 7. Биробиджан-Хабаровск, 2003. 98 с.
2. Бондарева Д.Г. Влияние природных и антропогенных факторов на повышенную концентрацию железа в питьевых водах Еврейской автономной области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11 (27). №1 (6). С. 1123–1126.
3. Христофорова Н.К. Еврейская автономная область как биогеохимическая провинция: монография / Под общ. ред. Н.К. Христофоровой; Н.К. Христофорова, Е.О. Клинская, О.В. Суриц и др. Биробиджан: Изд-во ФГБОУ ВО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2012. 250 с.
4. Суриц О.В., Христофорова Н.К., Копылов П.В., Бондарева Д.Г. Оценка содержания железа и марганца в питьевых водах Еврейской автономной области // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 24–26.
5. Удельнова Т.М., Бойченко Е.А. Участие соединений марганца в фотосинтезе // Физиология растений. 1968. Т.37. № 15. С. 410–415.
6. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
7. Ноздрюхина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 183 с.
8. Власюк П.А., Климовицкая З.М., Хмара Л.А., Прокопивинок Л.М. Значение марганца в метаболизме растений // Физиология и биохимия культурных растений. 1979. Т.11, № 3. С. 195–206.
9. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
10. Хакимова А.М. Реакции организма человека в Чиатурском марганцевом субрегионе // Биогеохимическое районирование и биогеохимическая экология. М.: Наука, 1980. С. 162–168.
11. Ковальский В.В., Воротницкая И.Е., Файтельберг Р.О. Реакция животных в Чиатурском марганцевом субрегионе биосферы // Биогеохимическое районирование и биогеохимическая экология. М.: Наука, 1980. С. 155–162.
12. Скарлыгина-Уфимцева М.Д., Конова Н.И., Борисов А.В. Биологическая реакция растений в условиях Чиатурского марганцевого субрегиона биосферы // Биогеохимическое районирование и биогеохимическая экология. М.: Наука, 1980. С. 142–156.
13. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А. Биогеохимическая индикация микроэлементозов / Отв. ред. Т.И. Моисеенко. Москва, 2018. 386 с.
14. Варенко Н.И., Чуйко В.Т. Роль высшей водной растительности в миграции марганца, цинка, меди и кобальта в Днепродзержинском водохранилище // Гидробиологический журнал. 1971. Т.7. № 3. С. 54–57.
15. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 268 с.

16. Карпевич А.Ф., Шурин А.Т. Роль марганца в обменных процессах моллюсков Балтийского моря // Биология моря. 1977. № 6. С. 50–57.
17. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters // The Treatise on Geochemistry. V. 5 (Ed. J.I. Drever, (volume); Exes. eds. H.D. Holland and K.K. Turekian). Elsevier-Pergamon, Oxford, 2003. Ch. 5.09. P. 225–272.
18. Левшина С.И. Распределение марганца в поверхностных водах Среднего и Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 2012. №4. С. 113–119.
19. Усиков В.И. Минеральные ресурсы Еврейской автономной области; опыт их изучения, проблемы и перспективы. Владивосток: Дальнаука, 2006. 144 с.
20. Змиевский Ю.П. Анализ тектоники и геодинамики Средне-Амурского региона в мезозое и кайнозое // Геология и полезные ископаемые Приамурья: сб. научн. тр. к 50-летию ФГУГГП «Хабаровскгеология». Хабаровск: Магеллан, 1999. С. 21–26.
21. Онихимовский В.В., Беломестных Ю.С. Полезные ископаемые Хабаровского края. Хабаровск: Хабаровская краевая типография, 1996. 495 с.
22. Гордеев В.В., Лисицын А.П. Средний химический состав взвесей рек Мира и питание океанов речным осадочным материалом // Докл. АН СССР, 1978. Т. 238, № 1. С. 225–228.
23. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.
24. Макаренко В.П., Позднякова Т.М., Поляков В.Ю., Ревуцкая И.Л., Христофорова Н.К., Касатова Е.А. Марганец в речных водах Еврейской автономной области // III Международный научно-образовательный форум «Хэйлуцзян-Приамурье»: сборник материалов Международной научной конференции, Россия, Биробиджан, 3 октября 2019 г. / Приамур. гос. ун-т им. Шолом-Алейхема. – Электрон. текстовые дан. (1 файл.: 17,1 Мб). – Биробиджан: ИЦ ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2019. С. 201–209.
25. Корчагин Ф.Г., Шароглазова Г.А., Чеботов С.А. Влияние Зейского водохранилища на геодинамику района // Тихоокеанская геология. 1983. № 5. С. 73–79.

Revutskaya Irina Leonidovna

Sholom-Aleichem Priamursky state university, Birobidjan, Russia
E-mail: irina.etx@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=642811

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55734752300>

Khristoforova Nadezhda Konstantinovna

Far Eastern federal university, Vladivostok, Russia
E-mail: more301040@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=59132

Surits Olga Vladlenovna

The Center of hygiene and epidemiology in the Jewish autonomous region, Birobidjan, Russia
E-mail: sangilab@mail.ru

Manganese in the hydrosphere of the Jewish autonomous region: surface water

Abstract. At present, knowledge about the content of manganese in the surface waters of the Jewish Autonomous Region is becoming more and more relevant, since the development and extraction of iron-manganese ores has already begun in the area of the Bidzhan deposit in the north-west of the region. It is planned to develop iron-manganese deposits in other regions of the autonomy. However, we are not sufficiently aware of the migration of this element, its spread by watercourses along the hydraulic network, the change in the forms of transportation due to the boggy territory of the autonomy, and the possible negative impact on aquatic organisms.

The purpose of our work is to study the distribution of manganese in surface watercourses, taking into account the geological features and natural conditions of the Jewish Autonomous Region. The content of total manganese in the surface waters of the Bira River and mainly its northern tributaries located on the territory of the autonomy was determined by the method of atomic absorption spectrophotometry.

The article presents the results of determining manganese and iron, as well as indicators that affect their migration ability, in the surface watercourses of the Jewish Autonomous Region for two years.

The paper describes and analyzes the natural conditions and geological features of the autonomy that affect the distribution of manganese in its surface waters.

As a result of the study, it was revealed that all rivers reflect the specific nature of the natural conditions of their formation. In the watercourses of the northwestern part of the region, draining the foothills of the Small Khingan, the influence of deposits of ferromanganese ores is clearly manifested. In the rivers flowing from the southern spurs of the Bureinsky ridge, manganese ore content is not felt. Bira's sharp turn from the mountainous north to the south, to the Amur, occurs against the background of a contrasting change in the relief and close contact of the river with the adjacent swampy plain. Natural processes and sources of Mn input into river waters change: the input of soluble humid metal complexes from the bog drainage begins.

Keywords: Jewish Autonomous region; river water; manganese; manganese ore deposits; geoecological situation; allowed levels; surface water quality; water bodies; ore content of the region