

УДК 550.4, 556.531

## ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК НАДЫМ-ПУРОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

© 2019 г. А. В. Соромотин<sup>1,\*</sup>, А. А. Кудрявцев<sup>2,\*\*</sup>, А. А. Ефимова<sup>1</sup>, О. В. Гертер<sup>1</sup>, Н. Н. Фефилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет,  
ул. Володарского, 6, Тюмень, 625003 Россия

\*E-mail: asoromotin@mail.ru

<sup>2</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья,  
ул. Республики, 7, Тюмень, 625003 Россия

\*\*E-mail: kudrphys55@mail.ru

Поступила в редакцию 10.12.2018 г.

Рассматривается проблема формирования микроэлементного состава вод малых рек Надым-Пуровского междуречья, не подверженных прямому воздействию объектов нефтегазового комплекса. С помощью атомно-эмиссионного и масс-спектрального методов с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES, ICP-MS) исследовано общее содержание тяжелых металлов в пробах воды. Более 99% суммы масс всех тяжелых металлов с концентрациями выше 0.1 мкг/дм<sup>3</sup> определяются наличием 14-ти элементов, распределенных в речных водах в следующем порядке: Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>Cu>Co>Ni>V>Ce>Zr>Pb>La. Кластеры концентраций образуют: 1) марганец и стронций; никель и кобальт; 2) свинец, цинк и медь; ванадий и цирконий; 3) церий и лантан. Воды малых рек региона содержат более высокие концентрации железа, марганца и более низкие цинка по сравнению с основными большими и средними реками. Вариации содержания Fe и Mn в водах малых рек региона можно связать с такими характеристиками воды, как цветность и мутность. Повсеместно отмечены значительные превышения предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>р</sub>) для рыбохозяйственных водоемов по железу и марганцу, единично по цинку.

**Ключевые слова:** малые реки, экологический мониторинг, тяжелые металлы, цветность воды, мутность воды, Надым-Пуровское междуречье

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019248-55>

### ВВЕДЕНИЕ

Тяжелыми металлами (ТМ) принято считать металлы с атомной массой больше 50. Эти элементы обладают выраженной токсичностью для большинства живых организмов [11] и считаются наиболее опасными загрязнителями водной среды, поскольку не подвергаются естественному разложению и способны аккумулироваться в донных отложениях. Содержание набора ТМ в водоемах определяет качество воды, поэтому они являются обязательными объектами контроля в экологическом мониторинге водных объектов, а их концентрация в природных водах регламентируется санитарно-гигиеническими нормативами. Некоторые ТМ, такие как железо, свинец, цинк, марганец, медь, никель, хром и ртуть, — объекты производственного экологического мониторинга в нефтегазодобывающих регионах.

В районах нефтегазодобычи на севере Западной Сибири ТМ могут поступать в поверхност-

ные воды под воздействием как естественных, так и техногенных факторов [7]. Естественной причиной повышенных концентраций ТМ может служить их способность к образованию комплексных соединений с органическим веществом болотных вод, являющихся истоками малых рек региона [17]. Отмечается устойчивая положительная коррелятивная зависимость между общей концентрацией связанных в комплексы металлов от содержания растворенного органического вещества [10]. К числу основных техногенных факторов, обуславливающих изменения естественного химизма воды, относятся буровые отходы, образующиеся при строительстве скважин различного назначения, а также разливы и сбросы минерализованных пластовых и подтоварных вод. Анализ геохимического состава твердой фазы бурового шлама шламовых амбаров геологоразведочных скважин на месторождениях Западной Сибири показал, что поступление V, Cr, Cu, Ni, Sr и Zn обусловлено такими природными агентами,

**Таблица 1.** Наименования малых рек и географические координаты точек отбора проб воды

№ объекта (реки)	Название реки	Координаты отбора проб
1	Без названия	65°35'08.25" N 72°50'33.46" E
2	Тияха	65°32'42.46" N 73°15'06.76" E
3	Хадыта	65°27'52.87" N 73°40'48.97" E
4	Без названия	65°41'15.71" N 74°05'34.37" E

как осадочные породы тяжелого механического состава и минерализованные пластовые воды. Из компонентов бурового раствора мигрируют Ва, Cd, Hg и Pb [15]. Увеличение водной миграции Sr в речных водах малой р. Аремзянки (правый приток р. Иртыш) обусловлено изливанием минерализованных пластовых вод из старой геологоразведочной скважины [14].

Малые реки и ручьи могут считаться наиболее информативными гидрологическими объектами при изучении последствий разработки месторождений углеводородов, испытывающими непосредственное воздействие от рассредоточенных источников загрязнений, расположенных в пределах их водосборных площадей. При этом фоновые характеристики водотоков, не подверженных воздействию объектов нефтегазодобычи, в сравнительном плане представляют несомненный интерес.

Количество научных публикаций, посвященных «традиционным» ТМ (железо, марганец, медь, цинк, никель) в речных водах севера Западной Сибири, измеряется десятками; данных по содержанию сверхтяжелых металлов (начиная с цезия), за исключением свинца, ртути, урана, значительно меньше, что и определяет актуальность нашего исследования.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для гидрохимического изучения были выбраны 4 малые реки на территории Надым-Пуровского междуречья. Географические координаты

точек отбора проб приведены в табл. 1, далее в тексте статьи используются шифры водных объектов (река 1, река 2 и др.) в соответствии с этой таблицей. Пробы речных вод для анализа на содержание ТМ отбирались в период зимней межени 2017-2018 гг.

Физико-химические параметры речных вод определяли в период летней межени 2017 г. непосредственно в полевых условиях с помощью приборов для измерения температуры, pH, окислительно-восстановительного потенциала, удельной электропроводности и общей минерализации жидких сред фирмы HM Digital: PH-200, ORP-200, COM-100. Жесткость воды находили расчетным методом: 1 единица жесткости °Ж = 50.04 ppm (ГОСТ 31865-2012). Цветность проб воды определялась в соответствии с кобальт-хромовой шкалой (РД 52.24.497-2005), мутность измерялась в единицах на мг дм<sup>3</sup> по каолину с помощью анализатора АМТ 27 фирмы Amstat USA Inc. Гидрохимический анализ состава анионов и катионов, сухого остатка осуществлялся по стандартным аттестованным ПНД Ф методикам.

Определение элементного состава вод проводили в Аналитическом сертификационном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН» по методике НСАМ №520-АЭС/МС «Определение элементного состава природных, питьевых, сточных и морских вод атомно-эмиссионным и масс-спектральным

**Таблица 2.** Физико-химические характеристики воды малых рек Надым-Пуровского междуречья

Показатель, размерность	Результаты определения				
	река 1	река 2	река 3	река 4	Диапазон
pH, ед.	6.52	6.97	6.51	6.95	6.51-6.97
Суммарная минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	17.5	32.9	22.6	27.5	17.5-32.9
Удельная электропроводность, µS/cm	28.2	52.6	34.5	41.7	28.2-52.6
Окислительно-восстановительный потенциал, mV	130	105	70	78	70-130
Жесткость, °Ж	0.40	0.71	0.52	0.60	0.40-0.71
Цветность, град.	200	260	60	60	60-260
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	6.6	34.8	20.1	16.3	6.6-34.8

**Таблица 3.** Минеральная компонента воды малых рек Надым-Пуровского междуречья

Показатель	Результаты определения, мг/дм <sup>3</sup>				
	река 1	река 2	река 3	река 4	диапазон
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.67	0.90	0.15	0.26	0.15-0.67
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.056	0.046	0.049	0.033	0.033-0.056
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.89	0.44	<0.40	<0.40	<0.40-0.89
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.79	0.85	0.28	0.32	0.28-0.85
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14.6	34.2	22.0	19.5	14.6-34.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.56	9.13	4.56	8.21	4.56-9.13
Cl <sup>-</sup>	1.28	0.71	0.78	0.85	0.71-1,28
Сухой остаток	68	83	68	71	68-83

методами с индуктивно-связанной плазмой». Перед проведением анализа к пробам добавляли по 0.2 мл концентрированной HNO<sub>3</sub> (Merck), интенсивно встряхивали 5 мин и оставляли на 12 часов. Суммарное содержание Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Nb, Ru, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th и U в пробах определяли атомно-эмиссионным (прибор iCAP-6500, Thermo Scientific, США) и масс-спектральным (прибор X-7, Thermo Elemental, США) методами анализа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной источник питания рек – зимние осадки и летне-осенние дожди, формирующие основной объем годового стока на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) Тюменской области [9].

По гидрохимическим показателям изученные водные объекты характеризуются малой минерализацией, а по показателю рН относятся к нейтральным (табл. 2). Согласно О.А. Алекину [2], это воды «очень мягкие», по химическому составу относящиеся к классу гидрокарбонатных с явным преобладанием гидрокарбонат-иона, на долю которого

**Таблица 4.** Содержание основных ТМ в воде малых рек Надым-Пуровского междуречья

Элемент	Содержание (концентрация) в воде, мкг/дм <sup>3</sup>						Кратность изменений концентрации по отношению к ПДКр [13]
	река 1	река 2	река 3	река 4	среднее	диапазон	
Fe	11 181	6604	798	1320	4976	798-11 181	8-112
Mn	451	1068	304	316	535	304-1068	30-107
Sr	47.1	99.7	35.0	37.2	54,8	35.0-99.7	0.1- 0.2
Ba	21.4	22.5	15.8	15	18,7	15.0-22.5	0.02-0.03
Zn	2.6	3.1	34.3	2.5	10,6	2.5-34.3	0.3-3.4
Rb	1.39	1.15	0.95	1.10	1.15	0.95-1.39	0.010-0.014
Cu	0.62	0.71	1.30	0.51	0,78	0.51-1.30	0.51-1.30
Co	0.33	0.23	1.30	0.88	0,69	0.23-1.30	0.02-0.13
Ni	<0.20	<0.20	1.80	0.86	0.67	<0.20-1.80	<0.02-0.18
V	0.74	0.29	0.37	0.15	0,39	0.15-1.74	0.15-0.74
Ce	0.21	0.04	0.35	0.06	0,16	0.04-0.35	-
Zr	0.27	0.06	0.07	0.03	0,11	0.030- 0.27	0.0004-0.0039
Pb	0.03	0.02	0.23	0.01	0,11	0.01- 0.23	0.002-0.010
La	0.07	0.02	0.14	0.02	0.06	0.02-0.14	-
Сумма всех ТМ	11 706	7799	1193	1693	5060	1193-11 706	-

Примечание: «-» означает, что значение ПДКр в данном случае не установлено.

**Таблица 5.** Среднее содержание некоторых ТМ в воде малых рек Надым-Пуровского междуречья, мкг/дм<sup>3</sup>

Водный объект	Элемент (ТМ)		
	Fe	Mn	Zn
Малые реки*	4976 ± 2449	535 ± 181	11 ± 8
Средние и большие реки**	2880 ± 421	152 ± 94	24 ± 10

Примечание: \* данные авторов статьи; \*\* – по [8, 18].

приходится около 70% анионов (табл. 3). Вода реки 2 по жесткости, цветности, мутности, содержанию гидрокарбонат-ионов, сульфатов, аммония, суммарной минерализации и удельной электропроводности отличается от других рек в большую сторону, вода реки 1 обладает наименьшей жесткостью и мутностью, имея высокую цветность (200 град). Одна из причин высокой цветности воды рек 1 и 2 – присутствие в ней значительных концентраций ионов химических элементов, в том числе ТМ, дающих окраску раствору.

Диапазон содержания 14 элементов в пробах воды изученных рек, которые определяют присутствие более 99% суммы масс всей группы ТМ с концентрацией выше 0.1 мкг/дм<sup>3</sup>, представлен в табл. 4. В этот перечень вошли железо, марганец, ванадий, кобальт, никель, медь, цинк, стронций, барий, свинец, рубидий, цирконий, церий и лантан. Поскольку малые реки Надым-Пуровского междуречья попадают в категорию рыбохозяйственных водоемов, необходимо сравнение диапазона измеренных концентраций ТМ с величиной ПДК для рыбохозяйственных водоемов<sup>1</sup>, что также отражено в табл. 4.

Наибольшие величины суммарных содержания ТМ отмечены в реках 1 и 2, что объясняется максимальными концентрациями железа в реке 1 (11 181 мкг/дм<sup>3</sup>) и марганца в реке 2 (1068 мкг/дм<sup>3</sup>). В целом содержание ТМ в речных водах изменяется в следующем порядке: Fe >> Mn >> Sr > Ba > Zn > Rb > Cu > Co > Ni > V > Ce > Zr > Pb > La > W > Mo > Nd > Sb > Y > Gd > Sm > Dy > Pr > Yb > Er > Be > Cs > Th > Eu > Ho > U > Tl > Sn > Lu > Bi > Tm > Hf > Tl.

Обращают на себя внимание относительно более высокие средние концентрации Fe и Mn в воде малых рек, а также более низкое содержание цинка по сравнению с основными большими и средними реками региона – Пур, Таз, Надым, Лонг-Юган и Правая Хетта [8, 17] (табл. 5).

Высокие концентрации Fe и Mn являются особенностью поверхностных вод лесной зоны

Западной Сибири<sup>2</sup> [1, 4, 5, 16]. Источником железа являются болотные воды и воды торфяников, составляющих основу вод малых рек и ручьев района исследований. Вследствие того, что питание рек региона осуществляется частично за счет подземного стока, часть ТМ поступает в поверхностные воды из грунтовых слоев. Установлено, что грунтовые воды территории ЯНАО также характеризуются повышенным содержанием Fe от 1400 до 6500 мкг/дм<sup>3</sup> и Mn от 10 до 2200 мкг/дм<sup>3</sup> [6]. Высокие содержания ионов железа (до 6000 мкг/дм<sup>3</sup>) и марганца (до 1000 мкг/дм<sup>3</sup>) в эоцен-четвертичном водоносном комплексе отмечают А.А. Ястребов и Ю.К. Иванов [18].

Содержание железа в природных водах напрямую связано с их цветностью и мутностью [3]. Вода изученных малых рек Тюменского севера имела ярко выраженную светло-коричневую окраску, характерную для болот, откуда эти реки и вытекают. Наибольшая цветность (от 200 град.) отмечалась в воде рек 1 и 2 (см. табл. 2), где наблюдались высокие концентрации Fe и Mn. Болотные воды отличаются от прочих поверхностных вод региона низкой минерализацией, низким содержанием растворенного кислорода, высокой кислотностью, способствующей миграции ТМ из почвогрунта, насыщены органикой и характеризуются высокой окисляемостью [4].

Что касается цинка, то известна зависимость концентрации этого элемента в поверхностных водах от его содержания в почвах, грунтах и донных отложениях, при этом определяющим фактором является геологическое строение территории и, прежде всего, химический состав пород [13]. Мутность природной воды в регионе, как правило, обусловлена присутствием мелкодисперсных нерастворимых и коллоидных неорганических компонент породы – глины и песка. Результаты исследований деформаций свободно меандрирующих рек Ямала показали, что максимум проявления мутности воды совпадал по времени со

<sup>1</sup> Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения / Приказ № 857 Федерального агентства по рыболовству, 22 декабря 2016 г.

<sup>2</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2016 году / Доклад управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в Ямало-Ненецком автономном округе, Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе», Салехард; 2017. 237 с.

**Таблица 6.** Корреляционная матрица содержания основных ТМ в воде малых рек Надым-Пуровского междуречья

ТМ	V	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb	Rb	Zr	Ce	La
V	1.00	-0.09	0.80	-0.36	-0.36	-0.05	-0.05	-0.11	0.52	0.03	0.72	<b>0.97*</b>	0.45	0.35
Mn		1.00	0.40	-0.73	-0.65	-0.43	-0.41	<b>0.99*</b>	0.79	-0.44	0.20	-0.11	-0.57	-0.53
Fe			1.00	-0.85	-0.85	-0.57	-0.57	0.39	0.87	-0.51	0.94	0.85	-0.15	-0.24
Co				1.00	<b>0.99*</b>	0.82	0.81	-0.73	-0.91	0.79	-0.80	-0.46	0.62	0.67
Ni					1.00	0.88	0.88	-0.65	-0.85	0.86	-0.85	-0.48	0.65	0.71
Cu						1.00	<b>0.99*</b>	-0.43	-0.50	<b>0.99*</b>	-0.72	-0.24	0.86	0.91
Zn							1.00	-0.42	-0.49	<b>0.99*</b>	-0.72	-0.24	0.85	0.91
Sr								1.00	0.78	-0.45	0.19	-0.13	-0.58	-0.54
Ba									1.00	-0.46	0.68	0.52	-0.30	-0.34
Pb										1.00	-0.67	-0.16	0.89	0.94
Rb											1.00	0.84	-0.28	-0.38
Zr												1.00	0.29	0.18
Ce													1.00	<b>0.99*</b>
La														1.00

Примечание: \* -  $P < 0.05$ .

стадией разрушения берегов, поэтому мутность можно считать качественным показателем интенсивности русловых деформаций. Значения мутности воды прямо связаны с размерами реки [12]. Верховья малых рек региона из-за преобладания равнинных форм рельефа, большой заболоченности и заозеренности характеризуются исключительно низкой эрозионной деятельностью и, как следствие, низкой мутностью. Этим обстоятельством могут быть объяснены низкие концентрации цинка в обследованных малых реках.

Таким образом, вариации концентрации Fe и Mn в первую очередь в водах малых рек региона можно связать с такими характеристиками воды, как цветность и мутность. Помимо этого, интенсивная окраска (цветность) обусловлена наличием окрашенных органических соединений – продуктов разложения растительных остатков в озерно-болотных комплексах истоков рек, а прозрачность (низкая мутность) – низкой эрозионной активностью водного потока.

Корреляционный анализ выявил очень высокое достоверное сходство химического состава всех исследованных рек по основным 14 элементам, входящим в группу ТМ, что позволяет говорить о закономерности распределения содержания ТМ в водах малых рек, характерной для района исследований. Расчеты коэффициентов корреляции (табл. 6) и кластерный анализ показали, что существует высокая достоверная связь между концентрациями Mn и Sr; Ni и Co; Pb, Zn и Cu; V и Zr; Ce и La. Это свидетельствует о едином

источнике поступления ТМ в речные воды для каждой из выделенных групп.

Распределение основных ТМ в обследованных реках имеет и некоторые особенности: в частности, в воде реки 3 концентрация цинка больше, чем бария, относительно много никеля, кобальта, меди и свинца, в воде реки 4 также обнаружен никель, а для рек 1 и 2 его концентрации меньше предела достоверного аналитического определения:

река 1 – Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>V>Cu>Co>Zr>Ce>La>Pb;

река 2 – Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>Cu>V>Co>Zr>Ce>La>Pb;

река 3 – Fe>>Mn>>Sr>Zn>Ba>Ni>Cu=Co>Rb>V>Ce>Pb>La>Zr;

река 4 – Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>Co>Ni>Cu>V>Ce>Zr>La>Pb.

Во всех пробах речных вод концентрации Cr, Ga, Ge, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Ta, Re, Os, Ir, Pt и Au были ниже предела обнаружения метода ICP-AES, вольфрам отмечен только в пробе воды из реки 3.

По данным табл. 4, значительные превышения ПДК рыбохозяйственных водоемов отмечены для воды всех рек по Fe и Mn (до 110 раз), а в реке 3 – в 3.5 раза по Zn. По нашему мнению, такое превышение непосредственно не связано с антропогенным воздействием, а обусловлено природными факторами, в том числе высокой заболоченностью водосборных

территорий малых рек ЯНАО. Результаты социально-гигиенического мониторинга источников водоснабжений и питьевой воды из разводящей сети, проведенного на территории ЯНАО в 2012 г., также выявили превышение санитарно-гигиенических нормативов по содержанию Fe и Mn в городах Надым и Новый Уренгой<sup>3</sup>. Наиболее неблагоприятные районы – Надымский и Пуровский. Г.В. Топоров и В.А. Бешенцев отмечают [16], что единственным микроэлементом, превышающим норматив ПДК в поверхностных водах Уренгойского нефтегазодобывающего региона, является марганец. Высокое загрязнение водоемов соединениями марганца может объясняться природными условиями регионов<sup>4</sup>.

На основе проведенной работы получены диапазоны концентраций 14 основных ТМ (см. табл. 4) в воде малых рек, не находящихся непосредственно на территории нефтедобывающих предприятий Тюменского нефтегазового комплекса, их можно рекомендовать в качестве современных фоновых региональных значений для ТМ в воде малых проточных объектов на водосборной площади рек Надым и Пур.

## ВЫВОДЫ

1. Вода исследованных малых рек на заболоченной территории ЯНАО Тюменской обл. мягкая, с малой минерализацией (менее 100 мг/дм<sup>3</sup>) и высокой цветностью (до 260 град.), по показателю рН – нейтральная или слабокислая. Эти факторы влияют на формирование микроэлементного состава вод этих рек в районе Надым-Пуровского междуречья.

2. Установлен характерный для региона порядок ранжирования 14 тяжелых металлов в водах малых рек Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>Cu>Co>Ni>V>Ce>Zr>Pb>La. Кластеры концентраций образуют марганец и стронций; никель и кобальт; свинец, цинк и медь; ванадий и цирконий; церий и лантан. Воды малых рек региона содержат более высокие концентрации железа, марганца (в 8–110 раз превышающие ПДК<sub>p</sub>) и более низкие цинка по сравнению с основными большими и средними реками на территории ЯНАО Тюменской обл., значительное присутствие этих элементов объясняется действием природных факторов региона.

3. Корреляционный анализ выявил связь между содержанием двух наиболее массовых элементов (Fe, Mn) и цветностью воды, что соответствует

литературным данным. Статистически достоверное сходство микроэлементного состава воды исследованных рек свидетельствует о закономерном распределении содержания ТМ в водоемах, характерном для района ЯНАО.

4. Определены диапазоны variability содержания ТМ в водах малых рек Надым-Пуровского междуречья, расположенных вне промышленных объектов нефтегазового комплекса, которые предложено использовать в качестве современных фоновых региональных значений концентраций ТМ в воде малых водотоков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агбалян Е. В., Шинкарук Е. В., Хорошавин В. Ю.* Характеристика химических показателей качества воды в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник ЯНАО № 2 (91). Экология и природопользование в Ямало-Ненецком автономном округе. Тюмень, 2016. С. 42-49.
2. *Алёкин О. А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 443 с.
3. *Бабкина С.С., Горюнова А.Г., Гатаулина А.Р., Улахович Н.А.* Определение и прогнозирование содержания в природной воде ионов тяжелых металлов на примере меди, цинка, железа и марганца // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2013. Т. 155. №. 1. С. 87-94.
4. *Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В.* Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.
5. *Бешенцев В.А.* Ресурсы и качество природных вод Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона, и их использование // Вестник Тюменского государственного университета. Науки о Земле. 2011. № 4. С. 17-28.
6. *Бешенцев В.А., Васильев, В.Г., Иванов Ю.К.* Железо в подземных водах Ямала // Нефть и газ. 1999. № 5. С. 10-16.
7. *Голованова О.А., Маловская Е.А.* Динамика загрязнения ионами тяжелых металлов поверхностных вод рек Сибирского региона // Вестник Омского госуниверситета. 2016. № 3. С. 64–73.
8. *Кобелев В.О., Агбалян Е.В., Красненко А.С., Шинкарук Е.В., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Ерёмин С.А.* Динамика гидрохимических показателей поверхностных вод реки Надым // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10 (часть 3). С. 448-452.
9. *Ларин С.И.* Физико-географические условия формирования качества поверхностных вод Западной Сибири // Вестник Тюменского госу-

<sup>3</sup> Результаты лабораторного контроля, проводимого в рамках социально-гигиенического мониторинга во II квартале 2012 года // URL:<http://89.rospotrebnadzor.ru/directions/monitoring/88064>, обращение 20.10.2018.

<sup>4</sup> Кудряшов Д. В самарских реках содержание марганца экстремально превысило норму // Российская газета. <https://rg.ru/2013/02/27/reg-pfo/reki-anons.html>, обращение 20.10.2018.

- дарственного университета. Экология и природопользование. 2011. № 12. С. 70-77.
10. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях измененной окружающей среды. М.: Наука, 2010. 268 с.
  11. Мур Дж.В., Раммурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 286 с.
  12. Савицкий В. А. Плановые деформации свободно меандрирующих рек Ямала: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Санкт-Петербург, 1996. 24 с.
  13. Сальникова Е.В., Осипова Е.А., Заболотная Н.В. Сравнительная оценка содержания цинка в питьевых водах и почвах Оренбургской области // Вестник ОГУ. 2014. №6 (167). С. 155-157.
  14. Сванидзе И.Г., Кремлева Т.А., Соромотин А.В. Воздействие подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна на миграцию макро- и микроэлементов малых рек // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2012. № 12. С. 55-63.
  15. Соромотин А.В., Пислегин Д.В. Тяжелые металлы в донных отложениях шламовых амбаров геологоразведочных скважин Западной Сибири // Геоэкология. 2015. № 6. С. 514–520.
  16. Топоров Г.В., Бешенцев В.А. Особенности формирования химического состава природных вод на территории Уренгойского нефтегазодобывающего региона (на примере Уренгойского НГКМ) // Вестник Тюменского государственного университета. Науки о земле. 2013. № 4. С. 115-124.
  17. Шварцев С.Л., Серебренникова О. В., Здвижков М.А., Савичев О.Г, Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна реки Томи (Юг Томской области) // Геохимия. 2012. № 4. С. 403-417.
  18. Ястребов А.А., Иванов Ю.К. Гидрогеоэкологическая оценка состояния пресных вод Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных провинций Ямало-Ненецкого автономного округа в связи с интенсивной разработкой месторождений углеводородов // Литосфера. 2018. Т. 18. № 1. С. 140-144.
  3. Babkina, S.S., Goryunova, A.G., Gataulina, A.R., Ulakhovich, N.A. Determination and forecasting of the content of heavy metal ions in natural water as exemplified by copper, zinc, iron and manganese. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Estestvennye nauki*, 2013, vol. 155, no.1, pp. 87-94. (in Russian)
  4. Babushkin, A.G., Moskovchenko, D.V., Pikunov, S.V. *Gidrokhimicheskii monitoring poverkhnostnykh vod Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga – Yugry* [Hydrochemical monitoring of the surface water in Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra], Novosibirsk, Nauka Publ., 2007, 152 p. (in Russian)
  5. Beshentsev, B.A. Resources and quality of natural water in Yamalo-Nenets oil and gas producing region and their use. *Vestnik TyumGU. Nauki o Zemle*, 2011, no. 4, pp. 17-28. (in Russian)
  6. Beshentsev, B.A., Vasil'ev V.G., Ivanov, Yu.K. *Zhelezo v podzemnykh vodakh Yamala* [Iron in the underground water of Yamal]. *Neft' i gas*, 1999, no. 5, pp. 10-16. (in Russian)
  7. Golovanova, O.A., Malovskaya, Ye.A. Dynamics of the heavy metal ions pollution of the river surface water in Siberian region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 3, pp. 64–73. (in Russian)
  8. Kobelev, V.O., Agbalyan, E.V., Krasnenko, A.S., Shinkaruk, E.V., Pechkin, A.S., Pechkina, Yu.A., Ermina, S.A. Dynamics of the hydrochemical indexes of the surface water of the Nadym River. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 10 (part 3), pp. 448-452. (in Russian)
  9. Larin, S.I. Physico-geographical conditions of the surface water quality evolution in the Western Siberia. *Vestnik TyumGU. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, 2011, no. 12, pp. 70-77. (in Russian)
  10. Moiseenko, T.I., Gashkina, N.A. *Formirovanie khimicheskogo sostava vod ozer v usloviyakh izmenenii okruzhayushchei sredy* [Formation of chemical composition of the lake water under the environmental changing conditions], Moscow, Nauka Publ., 2010, 268 p. (in Russian).
  11. Mur, J.V., Rammurty, S. *Tyazhelye metally v prirodnykh vodakh. Kontrol' i otsenka vliyaniya* [Heavy metals in the natural water. Control and assessment of the influence], Moscow, Mir Publ., 1987, 286 p. (in Russian).

## REFERENCES

1. Agbalyan, E.V., Shinkaruk, E.V., Khoroshavin, V.Yu. Characteristics of the physico-chemical indexes for water quality in Tazovskii district of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Nauchnyi vestnik YaNAO. Ekologiya i prirodopol'zovanie v Yamalo-Nenetskom avtonomnom okruge*, Tyumen, 2016, no. 2 (91), pp. 42-49. (in Russian)
2. Alyokin, O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970, 443 p. (in Russian)
12. Savitskii, V.A. *Planovye deformatsii svobodno meandriruyushchikh rek Yamala* [Planimetric deformations of the spontaneously meandering rivers in Yamal]. Extended abstract of the Cand. Sci. (Techn.) Dissertation, St.Petersburg, 1996, 24 p. (in Russian).
13. Sal'nikova, E.V., Osipova, E.A., Zabolotnaya, N.V. Comparative evaluation of the zinc content in drinking water and soil in Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 6 (167), pp. 155-157. (in Russian).

14. Svanidze, I.G., Kremleva, T.A., Soromotin, A.V. The effects of the underground water of the West-Siberian artesian basin on the migration of macro- and microelements in small rivers. *Vestnik TyumGU. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, 2012, no. 12, pp. 55–63. (in Russian).
15. Soromotin, A.V., Pislegin, D.V. *Tyazhelye metally v donnykh otlozheniyakh shlamovykh ambarov geologorazvedochnykh skvazhin Zapadnoi Sibiri* [Heavy metals in the bottom sediments of mud pits of the exploration wells in West Siberia]. *Geoekologiya*, 2015, no. 6. pp. 514–520. (in Russian).
16. Toporov, G.V., Beshentsev, B.A. Characteristic features of the formation of chemical composition of natural waters in the Urengoy oil and gas extraction region (as exemplified Urengoi oil-gas condensate field). *Vestnik TyumGU. Nauki o Zemle*, 2013, no. 4, pp. 115–124. (in Russian).
17. Shvartsev, S.L., Serebrennikova, O.V., Zdvizhkov, M.A., Savichev, O.G., Naimushina, O.S. *Geokhimiya bolotnykh vod nizhnei chasti basseina reki Tomi* [Geochemistry of swamp water in the southern part of water-collecting area of the Tom River]. *Geokhimiya*, Tomsk, 2012, no. 4, pp. 403–417. (in Russian).
18. Yastrebov, A.A., Ivanov Yu.K. *Gidrogeoekologicheskaya otsenka sostoyaniya presnykh vod Nadym-Purskoi i Pur-Tazovskoi neftegazovykh provintsii Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga v svyazi s intensivnoi razrabotkoi mestorozhdenii uglevodorodov* [Hydrogeoecological assessment of the fresh water condition in the Nadym-Purskaya and Pur-Tazovskaya oil-and-gas zones in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug taking into consideration intensive development of the hydrocarbon deposits] *Litosfera*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 140–144. (in Russian).

## THE BACKGROUND CONTENT OF HEAVY METALS IN THE WATER OF SMALL RIVERS IN THE NADYM – PUR INTERFLUVIAL AREA

A. V. Soromotin<sup>1,\*</sup>, A. A. Kudryavtsev<sup>2,\*\*</sup>, A. A. Efimova<sup>1</sup>, O. V. Gerter<sup>1</sup>, N. N. Fefilov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tyumen State University, ul. Volodarskogo, 6, Tyumen, 625003 Russia*

<sup>\*</sup>*E-mail: asoromotin@mail.ru*

<sup>2</sup>*The Northern TransUrals State Agricultural University,*

*ul. Respubliki, 7, Tyumen, 625003 Russia*

<sup>\*\*</sup>*E-mail: kudrphys55@mail.ru*

This article considers the problem of the formation of the microelement water composition of the small rivers not directly affected by the oil and gas industrial complex in the Nadym-Pur interstream area. Physicochemical characteristics and ionic composition of the natural water samples are determined by chemical aqueous method, the total content of heavy metals is analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). More than 99% of the sum of all the heavy metal mass with concentration above 0,1 mcg/dm<sup>3</sup> is defined by the presence of fourteen metals ranged as following: Fe>>Mn>>Sr>Ba>Zn>Rb>Cu>Co>Ni>V>Ce>Zr>Pb>La. Groups of such metals as manganese and strontium, nickel and cobalt, lead, zinc and copper, vanadium and zirconium, cerium and lanthanum form the concentration clusters. In comparison to large and average rivers, water samples from small rivers contain higher concentrations of iron and manganese, and lower concentrations of zinc. The Fe and Mn content may vary depending on such characteristics as water color index and water turbidity. The significant exceedance of MACf of Fe and Mn is observed everywhere. The excess of zinc, caused by natural factors is occasionally fixed. The defined variability ranges for the heavy metal contents in water of small rivers located beyond the reach of the oil and gas industrial complexes effects are suggested to consider as modern background regional values of the heavy metal concentrations throughout water-collecting area of Nadym and Pur rivers in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug of Tyumen region.

**Keywords:** *small rivers, ecological monitoring, heavy metals, water color, water turbidity, Nadym-Pur interfluve.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019248-55>