

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Г.В. Харина¹, Л.В. Алёшина²

E-mail: gvkharina32@yandex.ru

¹ ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург, Россия

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ: В работе представлены результаты определения тяжелых металлов в пробах питьевой воды из систем централизованного водоснабжения и скважин индивидуального водоснабжения городов Свердловской области. Обнаружено, что содержание ионов меди в исследуемых пробах не превышает предельно допустимой концентрации, а содержание ионов свинца и кадмия в большей части проб выше допустимых норм. Установлено, что пробы воды из систем водоснабжения городов Нижний Тагил и Серов в большей степени загрязнены кадмием. Выяснено, что загрязнение воды из систем централизованного водоснабжения тяжелыми металлами обусловлено, главным образом, несоответствием эксплуатируемых водопроводных труб санитарно-гигиеническим требованиям. Загрязнение подземных вод вызвано инфильтрацией промышленных стоков, содержащих тяжелые металлы, из хранилищ и отстойников через почвенные породы. Показано, что расположенные на территории Свердловской области многочисленные промышленные предприятия усугубляют процесс загрязнения поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами. В целом установлено неудовлетворительное качество воды по содержанию тяжелых металлов в Свердловской области.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, водоснабжение, подземные воды, загрязняющие вещества, качество воды, водная экосистема, Свердловская область.

Интенсивная хозяйственная деятельность привела к глобальному загрязнению водных ресурсов различными токсичными соединениями, в т. ч. и тяжелыми металлами. Загрязняются не только поверхностные, но и подземные воды, особенно в промышленных районах, к числу которых относятся города Свердловской области. Основными источниками загрязнения водных объектов тяжелыми металлами являются сточные воды машиностроительных и металлургических предприятий, транспорт [1]. Несмотря на некоторое уменьшение объемов промышленного произ-

© Харина Г.В., Алёшина Л.В., 2020

водства в регионе, поступление загрязняющих веществ в водные экосистемы продолжается, что приводит к непригодности многих водоемов для питьевого водоснабжения.

Соединения тяжелых металлов характеризуются высокой устойчивостью и способностью накапливаться в живых организмах. Следует отметить, что механизмов самоочищения водных экосистем от тяжелых металлов нет: они лишь мигрируют из одного объекта в другой [2]. Аккумуляция тяжелых металлов в организме человека приводит к дисфункции многих жизненно важных систем [3].

Цель данной работы – оценка качества питьевой воды Свердловской области по содержанию в ней тяжелых металлов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа были взяты пробы воды из мест централизованного и индивидуального водоснабжения в городах Свердловской области: Сысерть (№ 1); Нижний Тагил (№ 2); Верхняя Пышма (№ 3); Сухой Лог (№ 4); Дегтярск (№ 5); Богданович (№ 6); Серов (№ 7); Каменск-Уральский (№ 8); Камышлов (№ 9); Екатеринбург (№ 10). Пробы 1, 2, 4, 8–10 – вода из систем централизованного водоснабжения; пробы 3, 5–7 – вода из скважин индивидуального водоснабжения. Содержание тяжелых металлов (меди, свинца и кадмия) определяли потенциометрическим (ПМ) и инверсионно-вольтамперометрическим (ИВА) методами. Потенциометрическое определение проводили с использованием иономера РХ150 и соответствующих ионселективных электродов.

Для проведения исследований методом ИВА использовали анализатор инверсионный вольтамперометрический по ТУ 4215-001-05828695-95 (НПВП «ИВА», г. Екатеринбург) в комплекте с компьютером и трехэлектродной электрохимической ячейкой, а также государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов кадмия и свинца с погрешностью не более 1 % отн. при $P = 0,95$ с концентрацией 1 мг/см³.

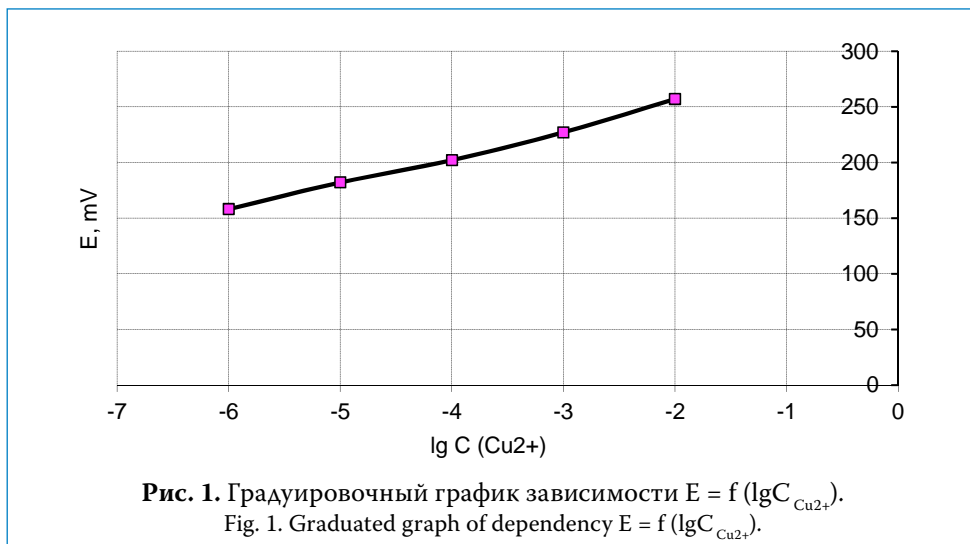
Исследование проводили при следующих условиях: потенциалы концентрирования – 0,8 В (для Cu^{2+}), –1,2 В (для Pb^{2+} и Cd^{2+}); время концентрирования 30 – 60 с; скорость линейной развертки потенциала 1,00 В/с. Регистрацию аналитического сигнала (АС) исследуемого металла для пробы при указанных условиях повторяли три раза. Регистрацию АС пробы с добавкой проводили в тех же условиях, что и пробы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чувствительность потенциометрического метода анализа (предел обнаружения 1 – 0,01 мг/дм³) не позволяет определять малые концентрации таких тяжелых металлов, как свинец и кадмий. В этой связи в данной работе содер-

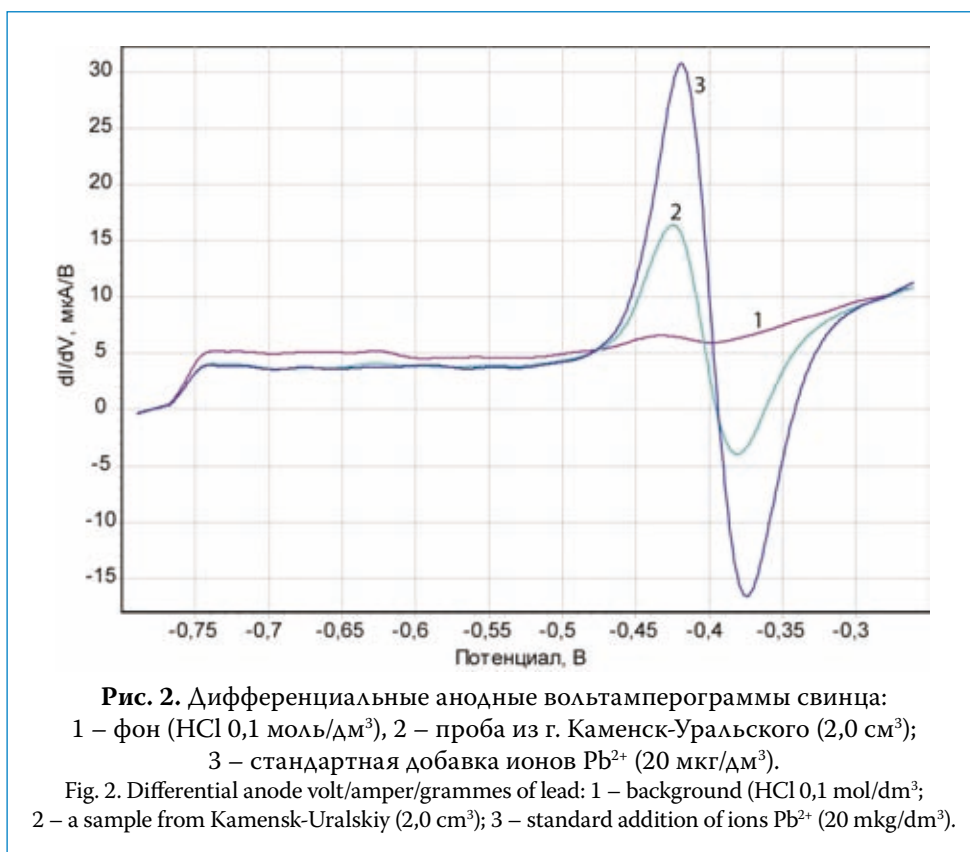
жание ионов свинца и кадмия установлено более чувствительным методом инверсионной вольтамперометрии (предел обнаружения 0,5 – 0,1 мкг/дм³).

Для определения концентрации ионов меди потенциометрическим методом в пробах воды измерены электродные потенциалы ряда стандартных растворов CuSO_4 . По полученным данным построен градуировочный график зависимости $E = f(\lg C_{\text{Cu}^{2+}})$, позволяющий определить концентрации ионов меди в исследуемых растворах (рис. 1).



На рис. 2 представлены дифференциальные анодные вольтамперограммы (ВА) свинца, обнаруженного в пробе № 8. Введение аликвоты пробы в раствор фонового электролита (ВА 1) приводит к росту аналитического сигнала при потенциале -0,42 В (ВА 2). При добавке стандартного раствора ионов свинца отмечается дальнейший прирост аналитического сигнала (ВА 3), что позволяет определить концентрацию ионов свинца.

В табл. 1 представлены результаты определения ионов меди, свинца и кадмия разными методами. Результаты определения меди потенциометрическим и инверсионно-вольтамперометрическим методами хорошо согласуются между собой. Содержание ионов меди во всех пробах воды не превышает значения ПДК [4]. Однако содержание ионов свинца в пробах 2, 6–10 значительно выше допустимой нормы; в пробах 2, 5–8 обнаружено превышение ПДК кадмия. Свинец и кадмий в настоящее время включены в приоритетную группу металлов-токсикантов, способных при постоянной аккумуляции в организме человека вызывать патологические процессы разной степени тяжести, мутагенный и тератогенный эффекты [5].



Полученные данные свидетельствуют о загрязнении тяжелыми металлами как водопроводной воды, так и воды из скважин. Эксплуатируемые в течение многих лет водопроводные трубы при постоянном контакте с водой постепенно корродируют, при этом из материала труб в воду мигрируют соединения свинца, кадмия и других тяжелых металлов. Последнее находит подтверждение в работах А.Р. Галимовой и Ю.А. Тунаковой [6], Л.Г. Коньшиной [7]: поступление свинца в питьевую воду обусловлено коррозионными процессами стальных водопроводных труб, кадмия – при использовании труб из полимерных материалов. В России доля не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям водопроводных труб достаточно велика [7, 8].

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что водопроводная вода в г. Нижнем Тагиле и г. Каменск-Уральском загрязнена свинцом и кадмием особенно сильно: обнаружено многократное превышение ПДК кадмия. Очевидно, что низкое качество воды обусловлено как

устаревшими технологиями ее очистки, так и влиянием деятельности промышленных предприятий (НПК «Уралвагонзавод», НТМК, завод металлоконструкций и др. в Нижнем Тагиле; в Каменск-Уральском загрязняют окружающую среду ОАО КУМЗ, Синарский завод стройматериалов, алюминиевый завод (УАЗ СУАЛ) и т. д.).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в пробах питьевой воды
Table 1. Heavy metals content in drinking water samples

№ пробы	Место отбора пробы	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³						
		Cu ²⁺		ПДК _{Cu²⁺}	Pb ²⁺ ИВА	ПДК _{Pb²⁺}	Cd ²⁺ ИВА	ПДК _{Cd²⁺}
		ПМ	ИВА					
1	г. Сысерть	0,040	0,034	1,000	0,009	0,030	не обнаружен	0,001
2	г. Нижний Тагил	0,010	0,007		0,048		0,006	
3	г. Верхняя Пышма	0,03	0,023		0,013		не обнаружен	
4	г. Сухой Лог	0,020	0,017		0,009		не обнаружен	
5	г. Дегтярск	0,008	0,005		0,020		0,007	
6	г. Богданович	0,026	0,019		0,046		0,003	
7	г. Серов	0,008	0,005		0,203		0,005	
8	г. Каменск-Уральский	0,015	0,011		0,054		0,009	
9	г. Камышлов	0,008	0,006		0,035		не обнаружен	
10	г. Екатеринбург	0,060	0,054		0,084		не обнаружен	

Примечание: жирным шрифтом выделены концентрации ионов металлов, превышающие соответствующие значения ПДК.

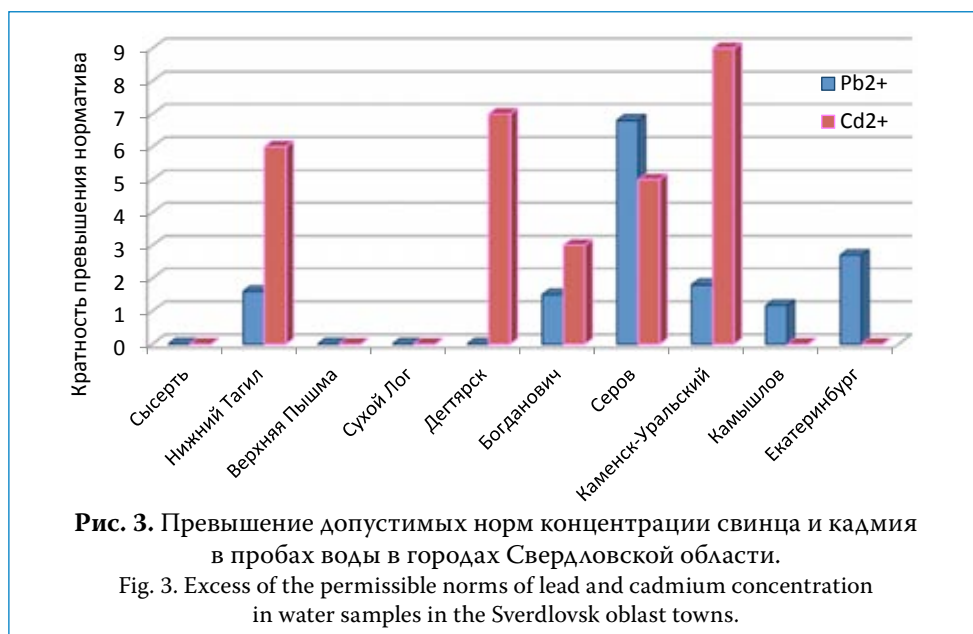
Загрязняющие вещества, в т. ч. тяжелые металлы, попадают и в подземные воды при просачивании промышленных стоков из хранилищ и отстойников, по затрубному пространству неисправных скважин и т. д. [9]. Из данных табл. 1 следует, что подземные воды Дегтярска, Богдановича, Серова загрязнены свинцом и кадмием. В Дегтярске (превышение ПДК кадмия) из источников загрязнения можно выделить микропредприятие – АВАЛДА (металлургический завод), которое производит цвет-

ное и чугунное литье. В Серове главными загрязнителями природной среды являются Надеждинский металлургический и ферросплавный заводы. Шлакоотвалы металлургических комбинатов, занимающие большие территории и характеризующиеся весьма высоким содержанием тяжелых металлов, вносят значительный вклад в загрязнение верхних слоев почвы и, следовательно, подземных вод. Так, отвалы Нижнетагильского металлургического комбината, содержащие сталеплавильный, сварочный, конвертерный шлаки и шламы доменного производства, в настоящее время составляют более 54 млн т [10]. В Нижнем Тагиле одно из двух шламохранилищ располагается неподалеку от центра города, на горе Высокой; другое – Черемшанский пруд с миллионами тонн отходов горно-обогатительного комбината – на окраине города. О сильном загрязнении питьевой воды, поступающей из основных источников водоснабжения в Нижнем Тагиле (Черноисточинского и Верхне-Выйского прудов), тяжелыми металлами сообщается в работе [11].

Почвы и водоемы Каменск-Уральского в результате сбросов указанных выше предприятий также загрязнены различными экотоксикантами, среди которых алюминий, марганец, свинец, железо, кадмий и др.: в городе расположены три шламохранилища, отравляющие биоценозы прилегающих экосистем. В Дегтярске помимо шлакоотвалов находится кислотное озеро, представляющее собой раствор серной кислоты, образовавшейся в результате растворения окисленных сульфидных руд в шахтной воде. Растворению способствуют и кислотные осадки, образующиеся в результате взаимодействия с водой компонентов газообразных выбросов (оксидов серы и азота) металлургических заводов и транспорта. Просачиваясь через толщи пород, ионы тяжелых металлов попадают в подземные воды. Зафиксированы факты двукратного превышения, по сравнению с нормативным значением, содержания ионов кадмия в подземной воде [12].

Загрязнение не ограничивается только подземными водами. Все экотоксиканты подземных вод распространяются по течению потока на расстояние до 30 км от источника загрязнения, попадают с фильтрационным потоком в поверхностные водоемы и загрязняют их [9]. Так происходит круговорот загрязняющих веществ в системе подземных и поверхностных вод.

На рис. 3 представлена диаграмма, наглядно иллюстрирующая степень загрязнения вод в городах Свердловской области тяжелыми металлами. По оси ординат – кратность превышения санитарно-гигиенического норматива по концентрации определяемого металла: пробы воды из Нижнего Тагила содержат 6,1 ПДК кадмия, Серова – 5,5 ПДК, Богдановича – 3 ПДК,



Каменск-Уральского – 9 ПДК. Свинцом в большей степени загрязнены пробы воды из Серова – 6,8 ПДК. В пробах воды из систем водоснабжения Екатеринбурга обнаружено 2,7 ПДК свинца. В меньшей степени свинцом загрязнены воды Нижнего Тагила, Богдановича и Камышлова – от 1,6 до 1,17 ПДК соответственно.

ВЫВОДЫ

В рамках данного исследования проведен анализ проб воды, отобранных из систем централизованного водоснабжения и скважин индивидуального водоснабжения, на содержание в них ионов меди, свинца и кадмия. Обнаружено, что концентрации ионов меди в исследуемых пробах находятся в пределах допустимой нормы. Однако содержание свинца и кадмия в семи пробах из десяти значительно выше соответствующих значений ПДК. Высокие концентрации свинца обнаружены в пробах воды из г. Серова (6,7 ПДК) и г. Екатеринбурга (2,8 ПДК). Кадмием более всего загрязнены воды из Нижнего Тагила, Дегтярска, Каменск-Уральского: содержание ионов кадмия составляет 6, 7 и 9 ПДК соответственно.

Отмечено, что свинец и кадмий в равной степени загрязняют как подземные воды, являющиеся источником индивидуального водоснабжения, так и воды систем централизованного водоснабжения. Подземные источники загрязняются за счет инфильтрации сточных вод, содержащих тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества, через толщу почвенно-

грунтовых пород. В поверхностные водоемы свинец и кадмий попадают из неочищенных сточных вод, шлакоотвалов, шламохранилищ.

Показано, что наибольший вклад в процесс загрязнения поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами вносят, прежде всего, действующие на территории Свердловской области многочисленные промышленные предприятия – металлургические, машиностроительные и горно-обогатительные. Кроме того, причиной вторичного загрязнения вод свинцом и кадмием является неудовлетворительное качество водопроводных труб.

Полученные результаты свидетельствуют о неудовлетворительном качестве воды в Свердловской области по уровню содержания в ней тяжелых металлов. Однако для более точной оценки качества воды необходимо проведение повторных исследований водных объектов с превышенным содержанием определяемых элементов, а также продолжение исследований по определению содержания в воде других тяжелых металлов и расширение географии отбора проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мирошникова Е.Г., Малахова Н.А., Стенина Л.Э., Харина Г.В.* Автоматическая система для мониторинга содержания тяжелых металлов // мат-лы междуна-род. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, специалистов, преподавателей и молодых ученых «Современные проблемы науки, образования и производ-ства». Н. Новгород: НФ УРАО, 2009. Т. 2. С. 423–426.
2. *Бабкина С.С., Горюнова А.Г., Гатаулина А.Р., Улахович Н.А.* Определение и прогнозирование содержания в природной воде ионов тяжелых металлов // Ученые записки Казанского университета. 2013. Т. 155. Кн. 1. С. 87–94.
3. *Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С.* Экологическое прогнозирование загрязнения водных сред тяжелыми металлами // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4. Ч. 2. С. 1–13.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль каче-ства. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (с изменениями на 2 апреля 2018 г.). Электронный фонд пра-вовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения 28.06. 2019).
5. *Колосова И.И.* Влияние ацетата свинца, солей тяжелых металлов на репродуктив-ную функцию // Вісник проблем біології і медицини. 2013. Вип. 3. Т. 2. С. 13–17.
6. *Галимова А.Р., Тунакова Ю.А.* Поступление, содержание и воздействие высо-ких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестник Казанско-го технологического университета. 2013. № 2. С. 165–169.
7. *Коньшина Л.Г.* Оценка качества воды источников нецентрализованного во-доснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. № 5. Т. 95. С. 413 – 416.

8. Шеренков И.А., Осыка Н.В., Багмут Л.А. Анализ проблем эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. № 1 (3), Т. 11. С. 350 – 352.
9. Коробкин В.И., Передельский. А.В. Экология: учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования. Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. 601 с.
10. Захаров А.В., Гуман О.М., Макаров А.Б., Антонова И.А., Ли Т.И. Экологическое состояние окружающей среды отвалов черной металлургии (по результатам мониторинга шлакового отвала НТМК) // Известия Уральского государственного горного университета. 2014. № 3 (35). С. 51–56.
11. Язовский Ю.А. Здесь жить нельзя – Нижний Тагил // Проза. ру: литературный портал. 2016. Режим доступа: <https://www.proza.ru/2016/12/06/756> (дата обращения 10.07. 2019).
12. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения // Гигиена и санитария. 2014. № 3. С. 5–10.

Для цитирования: Харина Г.В., Алёшина Л.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами // *Водное хозяйство России*. 2020. № 1. С. 124-134.

Сведения об авторах:

Харина Галина Валерьяновна, канд. хим. наук, доцент, кафедра физико-математических и естественнонаучных дисциплин, ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, 620012 г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11; e-mail: gvkharina32@yandex.ru

Алешина Людмила Викторовна, канд. хим. наук, доцент, кафедра физики и химии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 62; e-mail: alv@usue.ru

ASSESSMENT OF THE SVERDLOVSK OBLAST DRINKING WATER POLLUTION WITH HEAVY METAL

Galina V. Kharina¹, Lyudmila V. Alyoshina²

E-mail: gvkharina32@yandex.ru

¹ *Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia*

² *Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia*

Abstract: The paper presents the results of the determination of heavy metals in drinking water samples from centralized water supply systems and wells of individual water supply of the Sverdlovsk region. It was found that the content of copper ions in the samples does not exceed its maximum permissible concentration, and the content of lead and cadmium ions in most samples is higher than the permissible norms. It is established that water samples from Nizhny Tagil and Serov are more contaminated with cadmium. The causes of drinking water pollution are discussed. It was found that the pollution of water from the centralized water supply systems with heavy metals is mainly due to the non-compliance of the operated water pipes with sanitary and hygienic requirements. Groundwater pollution is caused by the

infiltration of industrial effluents containing heavy metals from storage and sedimentation tanks through soil. It is shown that numerous industrial enterprises in the Sverdlovsk region aggravate the process of pollution of surface and groundwater with heavy metals. The unsatisfactory quality of water in terms of the content of heavy metals in Sverdlovsk region is revealed. The authors dwell on the need to continue research to determine the content of other heavy metals in water and expand the geography of sampling in the region in order to assess more accurately the quality of water.

Key words: heavy metals, water supply, groundwater, pollutants, water quality, aquatic ecosystem, Sverdlovsk Oblast.

About authors:

Galina V. Kharina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mathematical and Natural Sciences, Russian State Vocational Pedagogical University, ul. Mashinostroitelei, 11, Yekaterinburg, 620012, Russia; e-mail: gvkharina32@yandex.ru

Lyudmila V. Alyoshina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Physics and Chemistry, Ural State University of Economics, ul. 8 Marta, 62, Yekaterinburg, 620144, Russia; e-mail: alv@usue.ru

For citation: Kharina G.V., Alyoshina L.V. Assessment of the Sverdlovsk Oblast Drinking Water Pollution with Heavy Metals // *Water Sector of Russia*. 2020. No 1. P. 124-134.

REFERENCES

1. Miroshnikova Y.G., Malakhova N.A., Stenina L.E., Kharina G.V. Avtomaticheskaya sistema dlya monitoring soderzhaniya tyazholikh metallov [Automatic system for monitoring the content of heavy metals] // *Mat-ly mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. Studentov, aspirantov, prepodavatelei I molodykh uchenykh «Sovremennye problemy nauki, obrazovaniya i proizvodstva»* 29 maya 2009: Vol. 2. N. Novgorod: NF URAO, 2009. P. 423–456.
2. Babkina S.S., Goryunova A.G., Gataulina A.R., Ulakhovich N.A. Opredeleniye i prognozirovaniye soderzhaniya v prirodnoi vode ionov tyazholikh metallov [Determination and prediction of the content of heavy metal ions in natural water] // *Ucheniye zapiski Kazanskogo universiteta*. 2013. T. 155. Kn. 1. P. 87–94.
3. Vishnevetskiy V.Y., Ledyayeva V.S. Ecologicheskoye prognozirovaniye zagryaznenniya vodnykh sred tyazholymi metallami [Ecological forecasting of water pollution by heavy metals] // *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2014. № 4, P.2. P. 1–13.
4. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Pitievaya voda. Gigienicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tcentralizovannykh system vodosnabzheniya. Kontrol kachestva. Gigienicheskiye trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti system goryachego vodosnabzheniya» [«Drinking water. Hygienic requirements to the centralized water supply system drinking water quality»] (s izmeneniyami na 2 aprelya 2018 goda) Elektronnyi fond pravovoi b nauchno-tekhnicheskoi idokumentatsyi. <http://docs.cntd.ru/document/901798042> Data obracsheniya 28.06.19.
5. Kolosova I.I. Vliyaniye atsetata svintsya, coli tyazholikh metallov na reproduktivnuyu funktsiyu [The influence of acetate of lead, salts of heavy metals on reproductive function] // *Visnik problem biology i meditsiny*. 2013. № 3. Vol. 2. P. 13–17.
6. Galimova A.R., Tunakova Y.A. Postupleniye, soderzhaniye I vozdeystviye visokih kontsentratsiy metallov v pitievoi vode na organism [Intake, content and impact of high concentrations of metals in drinking water on the body] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013. № 2. P. 165–169.

7. *Konshina L.G.* Otsenka kachestva vody istochnikov tsentralizovannogo vodosnabzheniya Yekaterinburga i yego okrestnostei [Water quality assessment of non-centralized water supply sources in Yekaterinburg and its outskirts] // *Gigiyena i sanitariya*. 2016. №5. Vol. 95. P. 413–416.
8. *Sherenkov I.A., Osika N.V., Bagmut L.L.* Analiz problem ekspluatatsyi system vodosnabzheniya iz podzemnih istochnikov [Analysis of problems of operation of drinking water supply systems from underground sources] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossyiskoi akademii nauk*. 2009. №1 (3). T. 11. P. 350–352.
9. *Korobkin V.I., Peredel'skiy A.V.* Ekologiya: uchebnyy dlya studentov bakalavrskoi stupeni mnogourovnevnogo vysshego professional'nogo obrazovaniya [Ecology: textbook for students of bachelor stage of the multi-level higher professional education]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2012. 601 p.
10. *Zakharov A.V., Guman O.M., Makarov A.B., Antonova I.A., Li T.I.* Ekologicheskoye sostoyaniye okruzhayushchei sredy otvalov chernoi metallurgii (po rezul'tatam monitoringa shlakovogo otvala NTMK) [The ecological state of the ferrous metallurgy dumps' environment] (by results of monitoring of a slag dump NTMK) // *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2014. № 3. Vol. 35. P. 51–56.
11. *Yazobskiy Y.A.* Zdes zhit nel'zya – Nizhnyy Tagil. [It is impossible to live here – Nizhny Tagil] // *Proza.ru: literaturnyy portal*. 2016. <https://www.proza.ru/2016/12/06/756>. Data obracsheniya 10.07.19.
12. *Konshina L.G., Lezhnin V.L.* Otsenka kachestva pitiyevoi vody i riska dlya zdoroviya naseleniya [Assessment of drinking water quality and public health risks] // *Gigiyena i sanitariya*. 2014. № 3. P. 5–10.