

УДК 504.6:61/69

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ КАК  
ФАКТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ВОДНОЙ СРЕДЫ  
В ПОСЕЛКЕ АДРАСМАН  
СЕВЕРНОГО  
ТАДЖИКИСТАНА**

*Муротова Дилором Абдугафуровна* – докторант PhD Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова (Республика Таджикистан, г.Худжанд), e-mail: [diloromkhon2022@mail.ru](mailto:diloromkhon2022@mail.ru)

*Азизов Рустам Очилдиевич* – доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник центра инновационного развития науки и новых технологий НАН РТ (Республика Таджикистан, г.Душанбе), e-mail: [rustan.azizov57@gmail.com](mailto:rustan.azizov57@gmail.com);

*Тиллобоев Хакимдзон Ибрагимович* – кандидат химических наук, доцент кафедры органической и прикладной химии Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова (Республика Таджикистан, г. Худжанд), e-mail: [tilloboev-2006@mail.ru](mailto:tilloboev-2006@mail.ru)

*Шарифов Соатулло Қосимович* – Главный специалист-эксперт Управление государственной экспертизы изобретений и промышленных образцов ГУ “Национального патентно-информационного центр”-а Министерства экономического развития и торговли РТ (Республика Таджикистан, г.Душанбе), e-mail: [soatullo@mail.ru](mailto:soatullo@mail.ru)

**МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН  
ҲАМЧУН ОМИЛИ  
ИФЛОСШАВИИ МУҲИТИ  
ОБИИ ШАҲРАКИ  
АДРАСМОН ДАР  
ТОҶИКИСТОНИ ШИМОЛӢ**

*Муротова Дилором Абдугафуровна* – PhD докторанти Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Бобоҷон Гафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e-mail: : [diloromkhon2022@mail.ru](mailto:diloromkhon2022@mail.ru)

*Азизов Рустам Очилдиевич* - доктори илмҳои техники, профессор, ходими калони илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави Академияи миллии илмҳои ҶТ (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе), e-mail: [rustan.azizov57@gmail.com](mailto:rustan.azizov57@gmail.com)

*Тиллобоев Хакимҷон Иброҳимович* – номзади илмҳои химия, доцент кафедраи химияи органикӣ ва амалии Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Бобоҷон Гафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e-mail: [tilloboev-2006@mail.ru](mailto:tilloboev-2006@mail.ru)

*Шарифов Соатулло Қосимович* — сармутахассис-коршиноси Раёсати санҷиши давлатии ихтироот ва намунаҳои саноатии МД “Маркази миллии патенту иттилоот”-и Вазорати рушди иқтисод ва савдои ҶТ (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе). E-mail: [saatullo@mail.ru](mailto:saatullo@mail.ru)

**HEAVY METALS AS A FACTOR  
OF WATER POLLUTION  
IN THE VILLAGE OF  
ADRASMAN  
NORTHERN TAJIKISTAN**

*Murotova Dilorom Abdugafurovna* – PhD student of the Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov (Republic of Tajikistan, Khujand), e-mail: : [diloromkhon2022@mail.ru](mailto:diloromkhon2022@mail.ru)

*Azizov Rustam Ochilievich* - Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher at the Center for Innovative Development of Science and New Technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan (Republic of Tajikistan, Dushanbe), e-mail: [rustan.azizov57@gmail.com](mailto:rustan.azizov57@gmail.com);

*Tilloboev Khakimdzhon Ibragimovich* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Organic and Applied Chemistry, Khujand State University named after Academician

*Bobojon Gafurov (Republic of Tajikistan, Khujand), e-mail: [tilloboev-2006@mail.ru](mailto:tilloboev-2006@mail.ru)*

*Sharifov Soatullo Kosimovich - Leading Specialist of the National Center for Patents and Inventions of the Ministry of Economic Development and Trade (Republic of Tajikistan, Dushanbe), e-mail: [soatullo@mail.ru](mailto:soatullo@mail.ru)*

**Ключевые слова:** гидрохимические характеристики, водные системы, тяжелые металлы, качество воды, pH.

*В статье рассматриваются результаты физико-химических исследований по динамике изменения элементов загрязнителей в водной среде. Установлены содержание и концентрация тяжелых металлов, а также степень загрязнения исследуемых источников воды. Авторы отмечают, что в кислой среде повышается подвижность ионов свинца, хрома и никеля и усиливается влияние тяжелых металлов. Концентрация тяжелых металлов в воде увеличивается при повышении водородного показателя.*

**Вожаҳои калидӣ:** хусусиятҳои гидрохимиявӣ, системаҳои обӣ, металлҳои вазнин, сифати об, pH

*Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти физикӣ-химиявӣ оид ба динамикаи тағирёбии элементҳои ифлоскунанда дар муҳити обӣ баррасӣ карда мешаванд. Микдор ва консентратсияи металлҳои вазнин, инчунин дараҷаи ифлосшавии манбаҳои обҳои тадқиқшуда муайян карда шудаанд. Муаллифон қайд мекунанд, ки дар муҳити турши ҳаракати ионҳои сурб, хром ва никел зиёд шуда, таъсири металлҳои вазнин меафзояд. Консентратсияи металлҳои вазнин дар об бо афзоиши pH зиёд мешавад.*

**Key words:** hydrochemical characteristics, water systems, heavy metals, water quality, pH

*The article discusses the results of physicochemical studies on the dynamics of changes in the elements of pollutants in the aquatic environment. The content and concentration of heavy metals, as well as the degree of pollution of the investigated water sources have been determined. The authors note that in an acidic environment, the mobility of lead, chromium and nickel ions increases and the influence of heavy metals increases. The concentration of heavy metals in water increases with increasing pH.*

Под термином “форма нахождения металлов” понимается всё разнообразие физических и химических состояний элементов в конкретных условиях физико-химической обстановки. При этом физические формы миграции тяжелых металлов в водном объекте можно классифицировать по их агрегатному состоянию [1]:

- грубодисперсные, представляющие собой взвешенные формы, включающие органические и неорганические соединения тяжелых металлов, сорбированные на взвешенных веществах или входящих в его состав и химически связанные с ним;

- мелкодисперсные (коллоидные формы), которые выделяются как промежуточные формы между растворенной и взвешенной и образующие с грубодисперсными формами гетерогенные системы;

- истинно-растворенные формы, образующие гомогенные системы.

Тяжелые металлы, присутствующие в воде и приводящие к загрязнению водной среды, относятся к классу консервативных загрязняющих веществ, которые не разлагаются в природных водах, а только изменяют форму нахождения в объектах. Вместе с тем, имеются несколько факторов влияющих на содержание и поступление тяжелых металлов в речные и водные объекты. При поступлении в водные объекты тяжелых металлов, последние распределяются в компонентах экосистемы: воде, донных отложениях и т.д. Для определения источников поступления тяжелых металлов в водную среду, важное значение имеет их содержание в компонентах окружающей среды, которые зависят от качества природных вод [3].

Адрасманский горно-обогадительный комбинат (ГОК), ныне специализируется на добыче свинцово-серебросодержащей руды и ее переработке с последующим получением свинцового концентрата. С 2013 года производство концентрата было остановлено в связи с понижением цен на Лондонской бирже металлов.

Геолого-географическое расположение Адрасманского ГОК. Поселок Адрасман протяженностью более 15 км располагается у подножия Кураминского хребта, реки Каромазар, где

воды в продолжении теряются в песках. Общая протяженность водной артерии около 60 км. В целом, вся отмеченная территория заполняет ложбину, т.е. является целостной геосистемой [2].

Основным источником загрязнения водной среды пос. Адрасман тяжелыми металлами является Горно-обогадительный комбинат (ГОК), деятельность которого связана с добычей свинцово-серебросодержащей руды и ее переработки, с последующим получением свинцового концентрата. Тяжелые металлы могут поступать в водные объекты со стоками из шахтных вод Адрасманского ГОКа, в результате выпадения тяжелых металлов на территории водосборов из загрязнённого атмосферного воздуха и пыли, а также в результате глобального переноса воздушных масс из северных, северо-западных промышленных территорий юга Адрасманского ГОКа.

**Цель исследования** заключалась в оценке уровня загрязнения поверхностных вод системы Адрасманского ГОКа тяжелыми металлами и связь величины концентраций с подземной водной средой.

**Методика исследований.** Время отбора проб: сентябрь 2021. Отбор проб проводился с учетом требований «ГОСТ РФ. 51593-2000. Вода питьевая. Общие требования к отбору проб». Отбор проб осуществлялся с глубины 0,3-0,5 м в количестве 1 л в полиэтиленовые бутылки. Химиико-аналитические работы проводились в стационарной лаборатории качества воды, водных экосистем и экотоксикологии и в сертифицированной лаборатории экологических исследований Горно-металлургического института Таджикистана. В отобранных пробах определялись: водородный показатель рН – потенциометрическим методом; содержание кремния – спектрофотометрическим методом; концентрации алюминия, свинца, меди, никеля, кобальта, цинка, марганца, хрома, кадмия, ртути - атомно-абсорбционным (анализатор ContrAA, Analytik Jena, Германия) и титриметрическим методами [5,6].

Район работ находится на нижних склонах Кураминского хребта, в 90 км к северо-востоку от г. Худжанда. Территория входит в Кайраккумский район Согдийской области, Республики Таджикистан. Ближайший населенный пункт пос. Адрасман.

По условиям расположения в районе пос. Адрасман выделяют три взаимосвязанных типа подземных вод:

- трещинные воды среднепалеозойских пород;
- трещинно-жильные воды тектонических разломов;
- грунтовые воды четвертичных отложений.

В нынешних условиях, в палеозойских породах вода накапливается и циркулирует в густой, но мелкой сети трещин и распространяются до глубины 15-30м. Водообильность пород низкая, дефицит источников измеряется десятками и сотыми долями литров в секунду, большая часть их летом пересыхает. При этом в зонах контакта воды с горными выработками тектонических разломов отмечаются притоки воды объемом 0,3-0,6 л/сек. Установлено, что уравнившийся режим притока воды четко связан с закономерностями распространения осадков. Трещинно-жильные воды и их объем изучены при эксплуатации месторождений по известной методике [4].

Грунтовые воды четвертичных отложений выделены и имеют большое практическое значение в долине Карамазар. В мелких ручьях, вследствие малой мощности рыхлых отложений, они или отсутствуют, или отмечаются в ничтожных количествах независимо от трещинных вод и эпизодически встречающимися поверхностными стоками в ручьях.

Все рассмотренные типы подземных вод являются относительно пресными, а по составу – сульфатно-кальциевые или гидрокарбонатно-кальциевые. Результаты анализов проб воды приведены в табл.1.

Таблица 1 - Результаты физико- химических показателей проб воды пос. Адрасман

№	Физико-химические Показатели	Фактические значения по отдельным заборам						ПДК мг/л
		ул. Гулистон	ул. Махкамова	ул. Холдорова	к. Каромазар	шахта «Восточная»	ул. Юлдашева	
1	Температура, °С	18,1	18	17,7	17,8	17,9	17,9	-
2	рН	7,28	7,22	6,14	7,3	5,98	7,06	6-9
3	ОВП, мВ	-44,4	-41,3	-19,4	-45,4	-16,4	32,1	-
4	Растворенный кислород, %	77,6	79	76,4	79,4	71,9	78,3	98,0

5	Растворенный кислород, мг\л	6,52	7,29	6,68	7,36	6,63	7,06	11,0
6	Электропроводность, Ом•см <sup>-1</sup>	339,6	917,7	827,3	228,8	1116	321,6	-
7	NaCl, мг/л	400,8	1128	1009	265,8	1379	376,2	-
8	TDS, мг/л	290,5	889,6	706,6	196,2	948	274,7	350
9	R, Ом	1714	739,8	707,5	2252	527,3	1825	-
10	K <sup>+</sup>	1,51	2,02	1,82	1,82	2,31	1,62	-
11	Na <sup>+</sup>	45,3	75,1	75,5	65,5	85,4	66,4	-
12	Ca <sup>2+</sup>	31,0	41,2	61,0	51,2	91,6	50,6	-
13	Mg <sup>2+</sup>	15,0	19,9	27,5	17,0	37,1	18,0	-
14	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	173,4	210,5	195,0	213,5	243,4	214,5	250
15	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,03	0,05	0,06	0,05	0,07	0,06	0,01
16	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,7	2,5	2,5	2,7	3,7	3,0	3,0
17	Cl <sup>-</sup>	30,5	37,0	39,0	35,9	32,2	36,9	350
18	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	102,1	232,6	432,6	62,6	832,6	128,9	500
19	Сухой остаток	385,2	910,5	1113,0	71,4	1341,0	138,5	1000

По результатам табл. 1 установлено, что пробы воды отобранные в двух отдельных точках (ул. Гулистон, ул. Юлдашева) являются относительно пресными, а вода из к. Кармазар вполне пригодна для питья. Самый загрязненный участок по пробам является вода из шахты «Восточная», на состав которой имеют влияние воды, формирующиеся при эксплуатации месторождений, а также получаемые от контакта с горными выработками и смывами тектонических разломов.

К тяжелым металлам обычно относят элементы-металлы большой атомной массы. Одним из отрицательных свойств тяжелых металлов является высокая токсичность. В настоящее время в металлургической промышленности добывают тяжелые металлы, плотность которых составляет от 7,14 до 21,4 г/см<sup>3</sup>. К ним относятся определенное количество химических элементов, в числе которых: свинец, медь, никель, ртуть, кобальт и сурьма. В отдельных случаях в этот перечень включают мышьяк [7].

Для сравнения и выявления степени загрязнения воды тяжелыми металлами были приняты во внимание ПДК для питьевой воды и ПДК для рыбного хозяйства, т.е. хозяйственного назначения. Результаты атомно-абсорбционного анализа проб воды представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты атомно- абсорбционного анализа проб воды пос. Адрасман

№	Определяемые элементы	Концентрация, мг/л						ПДК воды питьевого назначения мг/л	ПДК воды хозяйственного назначения, мг/л
		ул. Гулистон	ул. Махамова	ул. Холдорова	к. Кармазар	шахта «Восточная»	ул. Юлдашева		
1	Медь	-	0,009	0,012	0,001	0,007	-	0,001	0,005
2	Ртуть	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0005
3	Никель	0,037	-	-	0,031	0,043	-	0,01	0,06
4	Свинец	0,018	0,013	0,016	0,003	0,019	0,012	0,0006	0,01
5	Цинк	-	-	-	-	-	-	0,01	0,05
6	Мышьяк	0,008	0,003	0,031	0,011	0,036	-	0,0001	0,05
7	Кадмий	-	-	0,002	-	0,003	-	0,005	0,01
8	Хром	-	-	-	-	0,012	-	0,002	0,007

По результатам табл. 2 установлено, что содержание тяжелых металлов в составе природных вод аналогично с данными предыдущей таблицы. В основном высокое содержание тяжелых металлов отмечено по меди, свинцу и мышьяку. Поступление металлов в водную среду происходит в основном двумя путями: естественным и техногенным. Также, как и в других средах, металлы присутствуют и в атмосферном воздухе. В данную среду они попадают при контакте с горными выработками и природными тектоническими разломами.

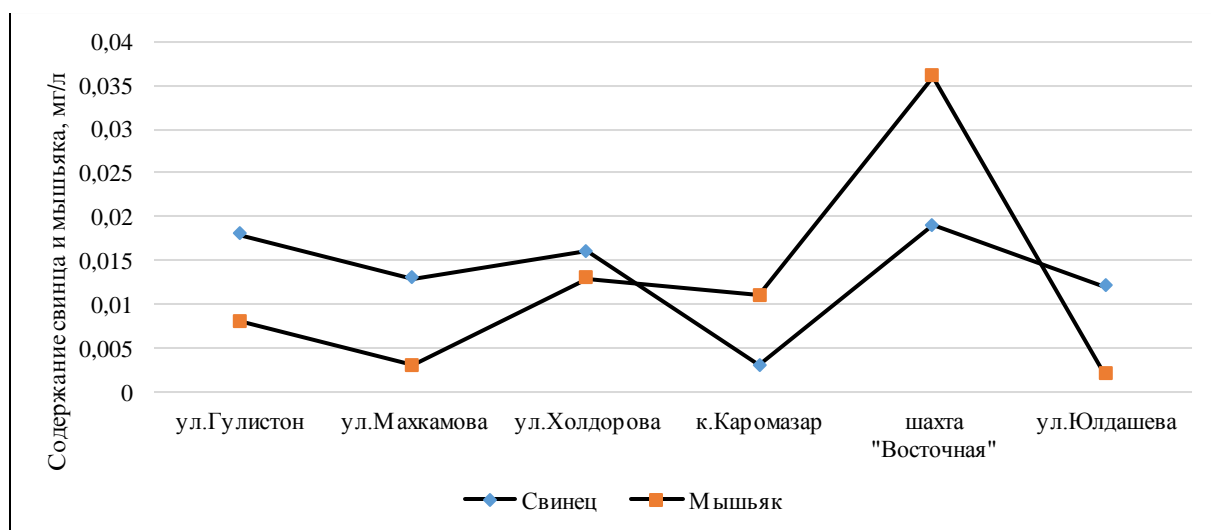


Рисунок 1. Динамика изменения содержания загрязнителей в водной среде пос. Адрасман

По динамике изменения содержания загрязнителей в водной среде пос. Адрасман (рис. 1), на участках ул. Махкамова и ул. Юлдашева, отмечаются сравнительно низкие показатели свинца и мышьяка. Это свидетельствует о низком разбавлении загрязненной воды на названных водных объектах, так как указанные участки находятся на большом расстоянии от источника загрязнения, но вместе с тем имеют частичное прилегание к участку, интенсивно-загрязненному пылевыми выносами с поверхности хвостохранилища. По пробам воды самым загрязненным участком является вода из шахты "Восточная", имеющая высокие значения по свинцу и мышьяка, что обуславливается повышенной концентрацией и прохождением воды через производственные территории.

На некоторых объектах, наибольшую опасность представляют подвижные формы тяжелых металлов. Миграционная активность ионов тяжелых металлов значительно повышается в кислой среде. В данном исследовании показана высокая зависимость концентраций нескольких тяжелых металлов от водородного показателя (табл. 1, 2). Положительная связь выявлена для меди (0,012), никеля (0,043), свинца (0,019), мышьяка (0,031), кадмия (0,003) и хрома (0,012). При этом, определена концентрация тяжелых металлов в зависимости от водородного показателя, которая прямо пропорционально зависит от величины последнего.

Выводы. Таким образом, в районе исследований из-за относительно высокого содержания тяжелых металлов и общей жесткости, наблюдается частое заболевание и проблемы со здоровьем людей, проживающих в данном населенном пункте, т.к. ионы тяжелых металлов накапливаются в органах человеческого тела, а при высокой концентрации приводят к мутации. Тяжелые металлы опасны для жизненно-важных органов, например, для печени и почек, так как они снижают их фильтрационную способность. При этом, в зависимости от вида вещества ПДК может отличаться. У некоторых представителей тяжелых металлов, в том числе для меди и кадмия она составляет около 0,001 и 0,005 мг/л, в то же время для свинца и мышьяка эта величина значительно ниже – 0,0001 мг/л и 0,0006 мг/л, соответственно.

Заключение. Концентрации тяжелых металлов в поверхностных и подземных водах Адрасманского ГОКа не превышают естественного фонового уровня. Однако концентрация свинца в водных системах выше ПДК и незначительно выше Кларковых значений, а концентрация железа, меди, никеля, мышьяка и хрома превышают ПДК. Повышенное содержание данных тяжелых металлов в поверхностных водах обследованной территории обусловлено почвенными, органическими и геологическими природными факторами и является типичным для водной системы пос. Адрасман. В кислой среде повышается подвижность ионов свинца, хрома и никеля и усиливается влияние тяжелых металлов на жизнеспособность организмов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Химическое состояние биосферы земли и ее окружение. – 2-е изд. - М.: Наука, 1987, - 340 С.
2. Сирюков Э.А. Пути перехода металлов из донных отложений в воду // Сб. матер. 7 междунар. конф. «Экологические проблемы современности» - Майкоп: 2006. - С. 331-332.

3. Разыков З.А. Концентрация тяжелых металлов в реке Сырдарья Северного Таджикистана / З.А. Разыков, Дж.Н. Шерматов, Д.Д. Ходжибаев, М.М. Юнусов // Сборник тезисов Международной научно-практической конференции «Технологии водоподготовки, биотехнологии и экологические аспекты». – Киев, 2013. – С.36-37
4. Браунлоу А.Х. Геохимия (пер. с англ.) / А.Х. Браунлоу – М.: Недра, 1984. – 463с.
5. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А.А. Пупышев. – М.: Техносфера, 2009. – 784с.
6. ГОСТ РФ. 51593-2000 Вода питьевая. Отбор проб. // М.: Изд-во стандартов, – 2000г.
7. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.

#### REFERENCES

1. Vernadsky V.I. The chemical state of the earth's biosphere and its environment. - 2nd ed. - М.: Nauka, 1987, - 340 p.
2. Sirotyuk E.A. Ways of transition of metals from bottom sediments to water // Sat. mater. 7 intl. conf. "Ecological problems of our time" - Маикоп: 2006. - P. 331-332.
3. Razykov Z.A. Concentration of heavy metals in the Syr Darya River of Northern Tajikistan / Z.A. Razykov, J.N. Shermatov, D.D. Khodjibaev, M.M. Yunusov // Collection of abstracts of the International scientific-practical conference "Water treatment technologies, biotechnologies and environmental aspects". - Kiev, 2013. - P.36-37
4. Brownlow A.Kh. Geochemistry (translated from English) / A.Kh. Brownlow - М.: Nedra, 1984. - 463 p.
5. Pupyshev A.A. Atomic absorption spectral analysis / A.A. Pupyshev. - М.: Technosfera, 2009. - 784 p.
6. GOST RF. 51593-2000 Drinking water. Sample selection. // М.: Publishing house of standards, - 2000.
7. Vinogradov A.P. Average contents of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust. // Geochemistry. - 1962. - No. 7. - pp. 555-571.