



Геоэкология / Geoecology  
Оригинальная статья / Original article  
УДК 504.4.054  
DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-113-122

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДОТОКАХ В РАЙОНЕ УНАЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА И РЕКИ АРДОН

*Дзерасса Н. Чигоева, Инна З. Каманина\*, Светлана П. Каплина*  
Государственный университет «Дубна»,  
Дубна, Россия, kamanina@uni-dubna.ru

**Резюме.** Длительная история разработки месторождений свинцово-цинковых руд Садонского горнорудного района привела к образованию обширных ореолов химического загрязнения поверхностных водотоков. **Целью** настоящего исследования является мониторинг поверхностных водотоков в районе Унальского хвостохранилища и месторождения Холст по заложенным в 1992-2004 гг. точкам опробования. Отбор проб проводился летом 2016 года. **Методы.** Изучалось содержание тяжелых металлов 2 и 3 классов опасности (Pb, Cd, Ni, Zn и Cu) методом атомной абсорбции. Оценивался вклад р. Уналдон и Унальского хвостохранилища в загрязнение р. Ардон. **Результаты.** Максимальное содержание кадмия, свинца и цинка, значительно превышающие предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в воде водных объектов культурно-бытового водопользования отмечается в р. Ардон ниже сброса с Унальского хвостохранилища. Поступление тяжелых металлов в р. Уналдон со штольневными водами по сравнению с периодом наблюдения 1992-2004 гг. заметно сократилось. В условиях сокращения производственной мощности горнодобывающих и перерабатывающих предприятий выщелачивание тяжелых металлов из горных отходов и выработок вносит незначительный вклад в загрязнение р. Ардон по сравнению с Унальским хвостохранилищем. **Выводы.** Состояние р. Ардон ниже сброса с хвостохранилища соответствует категории «экологическое бедствие». Состояние рек Майрамдон и Уналдон по содержанию тяжелых металлов соответствуют «относительно удовлетворительной ситуации».

**Ключевые слова:** Северная Осетия, хвостохранилище, поверхностные водотоки, тяжелые металлы.

**Формат цитирования:** Чигоева Д.Н., Каманина И.З., Каплина С.П. Содержание тяжелых металлов в водотоках в районе Унальского хвостохранилища и реки Ардон // Юг России: экология, развитие. 2018. Т.13, N2. С.113-122. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-113-122

## CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN WATER FLOWS IN THE AREA OF UNALSKY TAILING DUMP AND ARDON RIVER

*Dzerassa N. Chigoeva, Inna Z. Kamanina\*, Svetlana P. Kaplina*  
Dubna State University,  
Dubna, Russia, kamanina@uni-dubna.ru

**Abstract.** The long history of development of deposits of lead-zinc ores of the Sadonsky mining region led to the formation of extensive halos of chemical pollution of surface watercourses. **Aim.** The aim of this study is to monitor surface watercourses in the area of the Unalsky tailing dumps and the Kholst deposit by points of sampling of 1992-2004. Sampling was conducted in the summer of 2016. **Methods.** The content of heavy metals of 2 and 3 hazard classes (Pb, Cd, Ni, Zn and Cu) was studied by atomic absorption. The contribution of the Unaldon River and Unalsky tailing dump to the pollution of the Ardon River. **Results.** The highest content of cadmium, lead and zinc, significantly exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) in the water bodies of cultural and domestic use is found in the Ardon River down



from the Unalsky tailing dump. The flow of heavy metals into the Unaldon River with adit waters compared with the observation period of 1992-2004 decreased noticeably. In conditions of a reduction in the production capacity of mining and processing enterprises, the leaching of heavy metals from mountain dumps and excavations make an insignificant contribution to the pollution of the Ardon River in comparison with the Unalsky tailing dump. **Conclusion.** The state of the Ardon River down from the discharge from the tailing dump corresponds to the "environmental disaster" category. The condition of the rivers Mayramdon and Unaldon according to the content of heavy metals corresponds to a "relatively satisfactory" type.

**Keywords:** North Ossetia, tailing dump, surface watercourses, heavy metals.

**For citation:** Chigoeva D.N., Kamanina I.Z., Kaplina S.P. Concentration of heavy metals in water flows in the area of Unalsky tailing dump and Ardon river. *South of Russia: ecology, development*. 2018, vol. 13, no. 2, pp. 113-122. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-113-122

## ВВЕДЕНИЕ

Длительная история разработки месторождений свинцово-цинковых руд Садонского горнорудного района привела к образованию обширных ореолов химического загрязнения, в том числе поверхностных водотоков [1-4]. Основными факторами загрязнения водотоков являются многочисленные отвалы горных пород и некондиционных руд, а также отходы горнообогатительных фабрик. Так до 1984 г. отходы Мизурской обогатительной фабрики Садонского свинцово-цинкового комбината напрямую сбрасывались в р. Ардон в период весеннего паводка. С 1984 г. введено в эксплуатацию Унальское хвостохранилище, расположенное на левом берегу р. Ардон в 500 м от сел. Нижний Унал. В чаше хвостохранилища устроено водосборное сооружение шахтного типа с отводящим трубопроводом диаметром 500 мм, по которому осуществляется сброс в р. Ардон без какой-

либо очистки осветленной части поступившей в хвостохранилище пульпы. В рамках комплексного обследования территории в зоне влияния Унальского хвостохранилища исследование поверхностных водотоков проводилось в период с 1992 по 2004 гг. В результате были выявлены, аномально высокие концентрации Zn и Cd, превышающие ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в поверхностных водотоках в районе непосредственного влияния отвалов и штолен [5].

**Целью** настоящего исследования является мониторинг поверхностных водотоков в районе Унальского хвостохранилища и месторождения Холст по заложенным в 1992-2004 гг. точкам опробования в условиях сокращения производственной мощности горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территориально изучаемый район расположен в межгорной семиаридной Садонно-Унальской котловине, в долине между Боковым (на юге) и Скалистым (на севере) хребтами. Участок характеризуется средне-высокогорным рельефом с интервалами высот в пределах 900-3000 м.

Река Ардон – наиболее мощный левый приток р. Терек, берет свое начало в ледниках, расположенных на Главном и Боковом хребтах, в пределах Туальской котловины. Площадь водосбора реки, без притока р. Фиагдон, равна 1241 кв. км. Расстояние от устья р. Ардон до наиболее удаленной точки по р. Мамисондон и ее притоку р. Зымагон-

дон – 108 км. В верховье бассейна р. Ардон имеется довольно развитая русловая сеть, питаемая тальми водами ледников и снежников, родниковыми водами и атмосферными осадками. Скорость течения до 3,5 м/с [6].

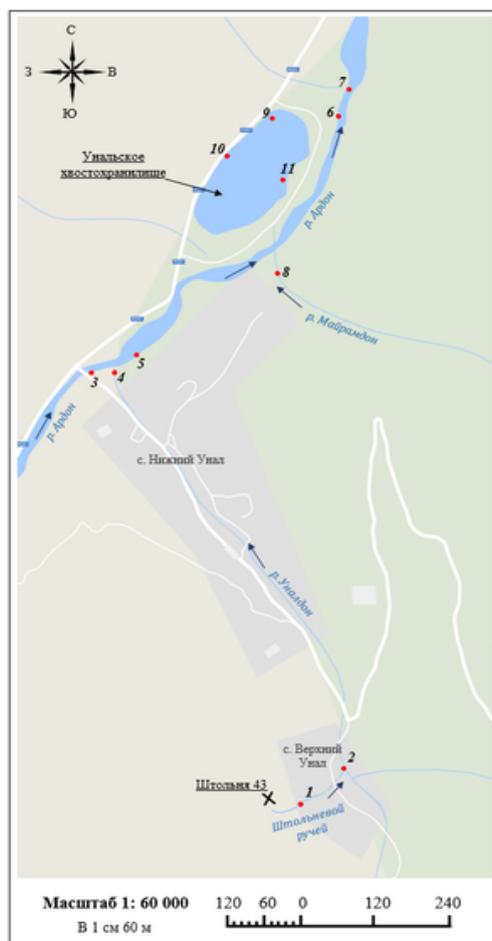
Река Уналдон – правый приток реки Ардон, устье реки находится в 49 км по правому берегу реки Ардон. Длина реки составляет 10 км, площадь водосборного бассейна 34,8 км<sup>2</sup>. В верховьях реки находится рудник Холст и поисково-разведочные штольни полиметаллических месторождений – Джими, Урахком, Хороновское, а также поля рассеяния сульфидов рудопроявлений Сухой Лог,

Ахшартырахское, Верхнеунальское и Крутое. Река Уналдон принимает все стоки с отвалов и штолен.

Река Майрамдон – правый приток реки Ардон протяженностью 4,5 км, типично горная река с ярко выраженным ледниковым режимом, отличается незначительной глубиной, каменистым руслом, которое сложено из известняков и глинистых слан-

цев флишевой зоны. В бассейне реки отсутствуют штольни и отвалы, являющиеся основными загрязняющими факторами в исследуемом районе [5; 6].

Кроме того, были исследованы: обводненная часть («защитное» озеро) Унальского хвостохранилища и воды из ручья, вытекающего из штольни 43 (месторождение Холст).



**Рис.1. Схема отбора проб из поверхностных водотоков**  
**Fig.1. Scheme of sampling from surface watercourses**

Отбор проб проводился летом 2016 года. Пробы воды были отобраны в чистые (не использовавшиеся ранее) бутылки объемом 0,5 л, законсервированы азотной кислотой и доставлены в лабораторию. Всего было отобрано 11 проб, из них 4 пробы на реке Ардон, 3 пробы из «защитного» озера Унальского хвостохранилища, 2 пробы на реке Уналдон и 1 проба – штольневые воды месторождения Холст, 1 проба на реке Майрамдон (рис. 1).

Исследования проводились на базе учебно-научной лаборатории кафедры эко-

логии и наук о Земле государственного университета «Дубна» по стандартным методикам. В пробах воды определялось содержание тяжелых металлов 2 и 3 классов опасности (Pb, Cd, Ni, Zn и Cu) методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре «КВАНТ-2А» фирмы НПО «Кортек» с использованием атомизации подготовленной пробы в пламени.

Полученные результаты анализов сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в



воде водных объектов культурно-бытового водопользования [7].

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов исследований особенностей проб воды (табл. 1) позволил выявить ряд

**Таблица 1**  
**Результаты количественного химического анализа проб воды, мг/дм<sup>3</sup>**

**Table 1**

**Results of quantitative chemical analysis of the water samples, mg/dm<sup>3</sup>**

N пробы No. samples	Место отбора The sampling location	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu
		2 класс опасности 2 class of hazard			3 класс опасности 3 class of hazard	
1	Штольневый ручей (шт. 43) / Adit waters (43)	0,0423	0,085	0,012	41	0,0015
2	р. Уналдон, после впадения ручья из шт. 43 / The Unaldon river, after the confluence of a stream from the adit 43	<0,002	0,0012	<0,003	0,11	<0,0004
3	р. Ардон, 100 м выше впадения р. Уналдон / The Ardon river, 100 m above the confluence of the Unaldon river	0,0063	0,0004	<0,003	0,015	0,0007
4	р. Уналдон, устье / The Unaldon river, estuary	0,0031	0,0005	0,0053	0,016	0,0025
5	р. Ардон, 100 м ниже от устья р. Уналдон / The Ardon river, 100 m down from the estuary of the Unaldon river	0,011	0,0074	0,003	0,026	0,0028
6	Слив с Унальского хвостохрани- лища / Drain from the Unal Tailing dump	0,74	0,015	0,75	1,3	0,14
7	Р. Ардон, 100 м ниже от места сброса с Унальского хвостохранилища / The Ardon River, 100 m down from the discharge point of the Unal tailing dump	3,4	0,0079	2,2	0,04	0,013
8	р. Майрамдон, 500 м до впадения в р. Ардон / The Mayramdon River, 500 m before the confluence of the Ardon river	<0,002	0,001	0,003	0,0092	<0,0004
9	Обводненная часть хвостохрани- лища (северо-восток) / Watered part of the tailing dump (northeast)	0,5	0,311	0,0096	0,68	0,079
10	Обводненная часть хвостохрани- лища (север) / Watered part of tailing dump (north)	0,56	0,0082	0,045	0,8	0,09
11	Обводненная часть хвостохрани- лища (восток) / Watered part of tailing dump (east)	0,69	0,0083	0,016	1,0	0,1
ПДК <sub>в</sub> / МРС [3]		0,01	0,001	0,02	1,0	1,0

Анализ состава воды из ручья в рай-  
оне штольни 43 Холстинского месторожде-

ния показал, что в воде наблюдаются ано-  
мально высокие концентрации Cd, Zn и Pb,



превышение ПДК<sub>в</sub> составляет 85, 41 и 4 соответственно. Штольневый ручей впадает в р. Уналдон, где его воды значительно разбавляются. В пробе воды, отобранной из р. Уналдон сразу после впадения штольневого ручья, отмечается лишь незначительное превышение содержания Cd 1,2 ПДК<sub>в</sub>. В устье реки Уналдон (т.4) содержание исследованных металлов значительно ниже ПДК<sub>в</sub>.

Для оценки влияния вод реки Уналдон на качество воды р. Ардон был проведен сравнительный анализ проб воды, отобранных из р. Ардон в 100 м выше (т.3) и ниже (т.5) впадения р. Уналдон. Анализ данных показал, что в пробах воды из р. Ардон до впадения р. Уналдон превышений ПДК<sub>в</sub> исследованных металлов не обнаружено, в то время как в пробе воды, отобранной в 100 м ниже по течению от места впадения р. Уналдон, отмечается значительное превышение ПДК<sub>в</sub> по Cd (в 7,4 раз) и незначительные по Pb (1,1 раз). Несмотря на отсутствие высоких концентраций Cd и Pb в водах в устье р. Уналдон, возможно именно стоки с отвалов и штольневые воды, загрязненные большим количеством Cd, вносят вклад в загрязнение этими элементом вод в р. Ардон, в том числе за счет вторичного загрязнения из донных отложений. Как было показано в работе Е.В. Пряничниковой [5] после участков отвалов, вплоть до устья содержание свинца и цинка в донных отложениях остается аномально высоким, максимальное содержание Zn и Pb превышает фоновое в 50 раз. Суммарный показатель загрязнения донных отложений в районе отвалов в среднем составляет 51, в нижнем течении реки Уналдон – 27.

Содержание никеля и кадмия в пробах из обводненной части хвостохранилища варьирует десятки и сотни раз. Пространственная и временная динамика содержания тяжелых металлов в составе обводненной части Унальского хвостохранилища отмечалась ранее Е.В. Пряничниковой [5]. Среднее содержание тяжелых металлов в воде «защитного» озера хвостохранилища превышает ПДК<sub>в</sub> по Pb в 58 раз, по Cd – 109 раз, по Ni – 1,2 раза. Ложем хвостохранилища являются галечники реки Ардон, через которые может осуществляться инфильтрация аномально загрязненных вод озера в подземную гидросферу. По данным Гурбанова А.Г. и др. [8] вода из «защитного» озе-

ра, при инфильтрации, загрязняет экологически опасными элементами водоносные горизонты, используемые для питьевого водоснабжения на равнине.

Как уже отмечалось, излишки воды (при превышении технологического уровня зеркала воды) по деривационной трубе без очистки сливаются непосредственно в р. Ардон. В пробах воды, отобранной из сливной трубы, в месте непосредственного сброса воды в р. Ардон обнаружены превышения ПДК<sub>в</sub>: Pb в 74 раза, Ni в 37,5 раз, Cd в 15 раз, Zn в 1,3 раза.

Для оценки вклада Унальского хвостохранилища в загрязнение вод р. Ардон был проведен сравнительный анализ проб воды, отобранных по течению реки Ардон выше (т.5) и ниже расположения хвостохранилища (т.7). В пробе воды, отобранной в р. Ардон 100 м ниже устья р. Уналдон (т.5) установлены превышения ПДК<sub>в</sub> по Cd и Pb в 7,4 и 1,1 раз соответственно, таким образом, вода в реке Ардон загрязнена Cd и Pb еще до слива с хвостохранилища. В пробе воды, отобранной в 100 м ниже от места сброса с Унальского хвостохранилища, отмечаются высокие концентрации Pb, Ni и Cd, превышения ПДК<sub>в</sub> составляют 340, 110 и 7,9 раз соответственно. Следует отметить, что в водах р. Ардон концентрация тяжелых металлов выше, чем в сливе с хвостохранилища, вероятно, за счет процессов перемешивания в зоне слива и поступления металлов из донных отложений. Увеличение концентраций металлов в пробах, отобранных ниже сброса (т.7) по сравнению с пробой, отобранной выше расположения хвостохранилища составляет: по Pb 309 раз с 0,011 до 0,74 мг/дм<sup>3</sup>, Ni в 785 раз с 0,003 до 0,75 мг/дм<sup>3</sup>, Zn в 1,5 раза с 0,026 до 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, Cu в 4,64 раз с 0,0028 до 0,013 мг/дм<sup>3</sup>, по Cd увеличение концентрации относительно небольшое с 0,0074 (7,4 ПДК) до 0,0079 мг/дм<sup>3</sup> (7,9 ПДК).

Содержание Pb, Zn, Cu и Ni в пробе из реки р. Майрамдон в 500 м выше впадения в р. Ардон значительно ниже предельно допустимых концентраций. Содержание Cd на уровне ПДК<sub>в</sub> и составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup>.

Корреляционный анализ содержания исследованных тяжелых металлов в поверхностных водотоках показал высокий коэффициент корреляции  $r = 0,99$  (при  $P = 0,95$ ) для Pb – Ni и Cd – Zn. Кадмий в качестве

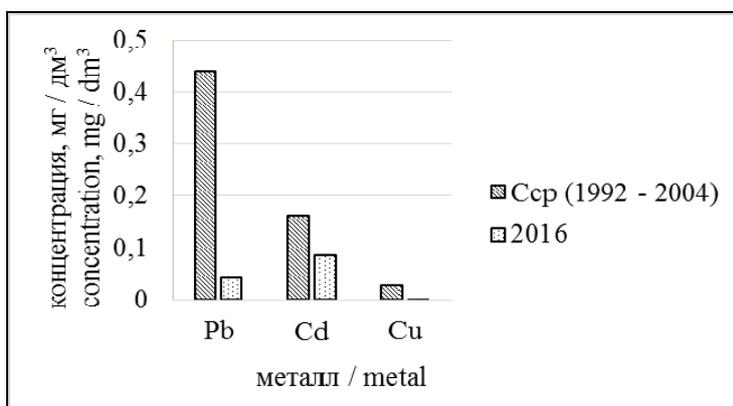


изоморфной примеси всегда содержится в минералах цинка, максимальная концентрация кадмия отмечается, прежде всего, в сфалерите (до 5%). Превышение ПДК<sub>в</sub> по кадмию в исследуемых пробах воды отмечается чаще, чем превышения по цинку.

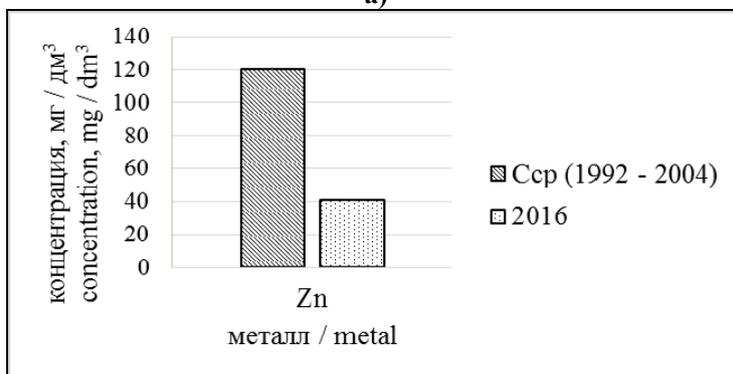
Сравнение полученных данных с результатами исследований 1992-2004 гг. выявил заметное снижение содержания свинца, цинка, кадмия и меди в р. Уналдон и штольневом ручье (рис. 2).

При этом в штольневом ручье содержание Pb, Cd и Cu ниже не только отно-

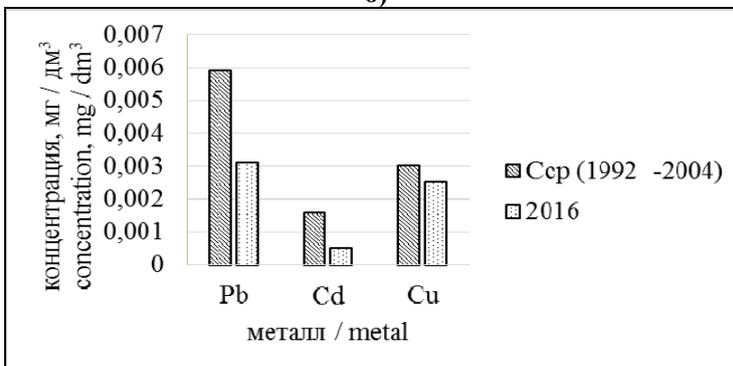
сительно средних значений, но и относительно минимальных, фиксируемых за весь период наблюдения. Напротив, в реке Ардон ниже слива хвостохранилища содержание Pb, Cd и Cu заметно выше не только относительно средних значений, но и относительно максимальных за весь период наблюдения (рис. 3), при этом содержание Zn снизилось почти в 3 раза по сравнению с усреднёнными за 1992-2004 гг.



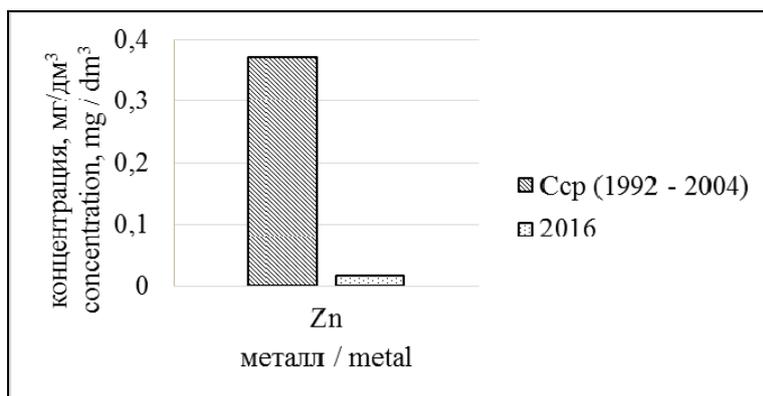
а)



б)



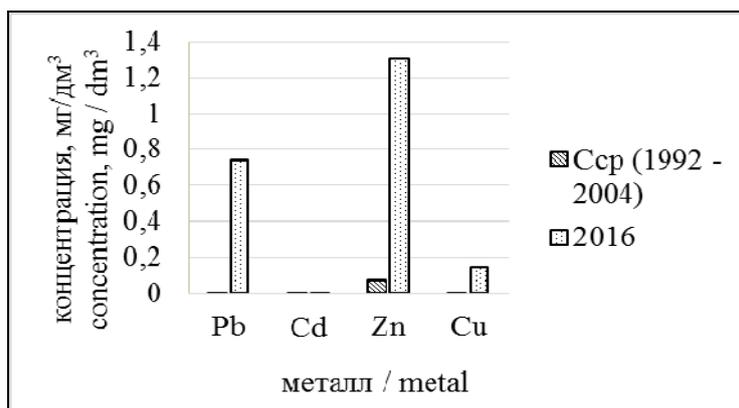
в)



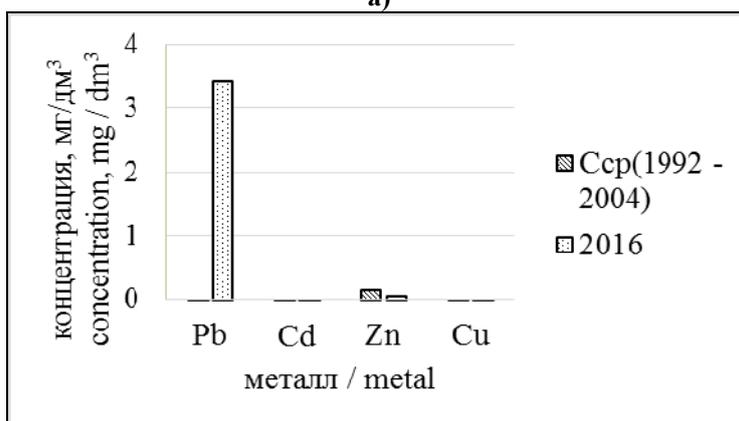
д)

**Рис.2.** Динамика содержания тяжелых металлов за период с 1992 по 2016 гг:  
 а), б) штольневый ручей (шт.43 месторождение Холст);  
 с), д) устье реки Уналдон

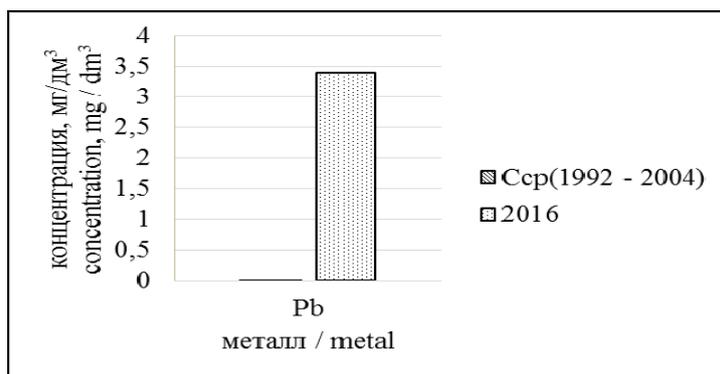
**Fig.2.** Dynamics of heavy metals content in the period from 1992 to 2016:  
 а), б) adit creek (43 Kholst deposit); с), д) estuary of the Unaldon River



а)



б)



с)

**Рис.3.** Динамика содержания тяжелых металлов за период с 1992 по 2016 гг.:  
а) слив с Унальского хвостохранилища; б), с) река Ардон, 100 м ниже точки  
слива с Унальского хвостохранилища

**Fig.3.** Dynamics of heavy metals content in the period from 1992 to 2016:  
а) discharge from the Unalsky tailing dump; б), с) the Ardon River,  
100 m down from the discharge point of the Unalsky tailing dump

Река Майрамдон по содержанию Pb, Cd, Cu и Zn, как и в предыдущие годы является самым чистым водотоком в исследуемом районе.

Анализ состояния рек Ардон, Уналдон и Майрамдон как водоисточников рекреационного назначения в соответствии с методикой «Критерии оценки экологической обстановки...» [9] по уровню загрязнения

тяжелыми металлами показал, что воды р. Ардон ниже сброса с Унальского хвостохранилища содержат более 340 ПДК по свинцу, 110 ПДК по никелю и 7,9 ПДК по кадмию, что соответствует категории «экологическое бедствие». Состояние рек Майрамдон и Уналдон по содержанию тяжелых металлов соответствуют «относительно удовлетворительной ситуации».

### ВЫВОДЫ

1. Основным источником загрязнения р. Ардон в ее среднем течении является слив без очистки осветленных вод с обводненной части Унальского хвостохранилища. Среднее содержание тяжелых металлов ниже слива хвостохранилища превышает ПДК<sub>в</sub> по Pb в 340 раз, по Cd в 7,9 раза, по Ni в 110 раз. Загрязнение р. Ардон ниже Унальского хвостохранилища можно расценивать как «экологическое бедствие».

2. Поступление тяжелых металлов в р. Уналдон со шtolьневыми водами по сравнению с периодом наблюдения 1992-

2004 гг. сократилось в среднем по Pb в 10 раз, по Zn в 3 раза, по Cd в 2 раза, по Cu в 18 раз, что привело к снижению концентрации тяжелых металлов в водах р. Уналдон. Река Уналдон вносит незначительный вклад в загрязнение р. Ардон по сравнению с Унальским хвостохранилищем.

3. В условиях сокращения производственной мощности горнодобывающих предприятий основным источником экологической опасности является Унальское хвостохранилище.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Природные ресурсы Республики Северная Осетия - Алания: В 18-ти т. / М-во охраны окр. среды РСО-А. Отв.ред. В.С. Вагин. Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания. Отв. ред. Цхурбаев Ф. И. Владикавказ: Проект-Пресс. 2005. 352 с.  
2. Исмаилов ТТ., Голик В.И., Комащенко В.И. Экологические аспекты хранения хвостов

обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. N 10. С. 5–8.  
3. Бурдзиева О.Г. Рациональное недропользование в регионе РСО – Алания (проблемы и пути решения) // Уголь. 2010. N 7. С. 70–71.  
4. Тавасиев В.Х., Тавасиев Г.В. Экономические и социально-экологические проблемы городских поселений республики Северная Осетия Алания //



Фундаментальные исследования. 2015. N 11-7. С. 1489–1492.

5. Пряничникова Е.В. Эколого-геохимические исследования в горнорудных районах (на примере Северной Осетии) // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2005. N 2. С. 48–53.

6. Природные ресурсы Республики Северная Осетия - Алания: В 18-ти т. / М-во охраны окр. среды РСО-А. Отв. ред. В.С. Вагин. Т.10. Водные ресурсы. Составитель В.И. Донцов, В.Б. Цогоев. Владикавказ: Проект-Пресс, 2001. 367 с.

7. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 N 78 (ред. от 13.07.2017) «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03» (вместе с «ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы», утв. Главным

государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43\\_149/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43_149/) (дата обращения: 05.10.2017))

8. Гурбанов А.Г., Винокуров С.Ф., Газеев В.М., Лексин А.Б., Лолаев А.Б., Дзедобов С.О., Оганесян А.Х., Цуканова Л.Е., Гурбанова О.А. Содержание макро- и микроэлементов в поверхностных водотоках в районе деятельности Садонского свинцово-цинкового комбината (республика Северная Осетия-Алания, РФ) // Вестник Владикавказского научного центра. 2016. Т.16. N 2. С. 42–54.

9. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, утв. Министерством природных ресурсов Российской Федерации 30 ноября 1992 года. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения: 05.10.2017)

#### REFERENCES

1. Vagin V.S., ed. [The natural and man-made disasters of PCO-Alania]. In: *Prirodnye i tekhnogennye katastrofy Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya* [Natural Resources of the Republic of North Ossetia Alani]. Vladikavkaz, Proekt-Press Publ., 2005, 352 p. (In Russian)

2. Ismailov T.T., Golik V.I., Romashenko V.I. Environmental aspects of tailings storage. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin]. 2005, no. 10, pp. 5–8. (In Russian)

3. Burdzieva O.G. Rational use of bowels in region of Republic of North Ossetia-Alania (problems and ways of their decision). *Ugol'* [Russian Coal Journal]. 2010, no. 7, pp. 72–73. (In Russian)

4. Tavasiev V.K., Tavasiev G.V. Economic and social-ecological problems of town settlements in the republic of North Osetia-Alania. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2015. no. 11-7, pp. 1489 – 1492. (In Russian)

5. Pryanichnikova E. V. Ecologogeochemical survey in the mining areas (on the example of North Ossetia). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya* [Moscow University Geology Bulletin]. 2005, no. 2, pp. 48–53. (In Russian)

6. Vagin V.S., ed. [Water resources]. In: *Prirodnye i tekhnogennye katastrofy Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya* [Natural Resources of the Republic of North Ossetia Alani]. Vladikavkaz, Proekt-Press Publ., 2001, 367 p. (In Russian)

10. *Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 30.04.2003 N 78 (red. ot 13.07.2017) «O vvedenii v deistvie GN 2.1.5.1315-03» (vmeste s «GN 2.1.5.1315-03. Predel'no dopustimye*

*kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khozyaistvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya. Gigenicheskie normativy», utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 27.04.2003*] [The resolution of the Chief state sanitary doctor of the RF dated 30.04.2003 No. 78 (ed. by 13.07.2017) «About introduction in action of GN 2.1.5.1315-03» (with «GN 2.1.5.1315-03. The maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in water of water objects of drinking and cultural domestic water use. Hygienic standards», Approved. Chief state sanitary doctor of the Russian Federation 27.04.2003)]. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43\\_149/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43_149/) (accessed 05.10.2017)

7. Gurbanov A.G., Vinokurov S.F., Gazeev V.M., Lexin A.B., Lolaev A.B., Dzeboev S.O., Oganesyana A.Ch., Tsukanova L.E., Gurbanova O.A. Contents of macro and minor elements in the surface water at the Sadonsky lead-zinc company (Republic of Northern Ossetia Alania, RF). *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra* [Vestnik Vladikavkaz scientific center]. 2016, vol. 16, no. 2, pp. 42–54. (In Russian)

8. *Kriterii otsenki ekologicheskoi obstanovki territorii dlya vyavleniya zon chrezvychainoi ekologicheskoi situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya, utv. Ministerstvom prirodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii 30 noyabrya 1992 goda* [Criteria for assessing the environmental situation of the territories to identify areas of environmental emergency and areas of environmental disaster, approved by the Ministry of natural resources of the Russian Federation on November 30, 1992]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901797511> (accessed 05.10.2017)



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Дзерасса Н. Чигоева** – аспирант, кафедра экологии и наук о Земле, ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна» (Государственный университет «Дубна»), г. Дубна, Россия.

**Инна З. Каманина\*** – к.б.н., доцент кафедры экологии и наук о Земле, ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна» (Государственный университет «Дубна»), 141980, Россия, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская 19, тел.: 8(916)165-59-26, e-mail: kamanina@uni-dubna.ru

**Светлана П. Каплина** – к.б.н., доцент кафедры экологии и наук о Земле, ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна» (Государственный университет «Дубна»), г. Дубна, Россия.

### Критерии авторства

Дзерасса Н. Чигоева осуществляла пробоотбор проб, пробоподготовку, проводила аналитические измерения, участвовала в написании рукописи. Инна З. Каманина обеспечила постановку задачи и проведение исследования, проанализировала данные, участвовала в написании рукописи, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Светлана П. Каплина проанализировала данные, участвовала в написании рукописи, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 19.02.2018

Принята в печать 15.03.2018

## AUTHORS INFORMATION

### Affiliations

**Dzerassa N. Chigoeva** – Postgraduate student, State Budget Educational Institution Of Higher Education of Moscow Region "University of Dubna" (State University "Dubna"), Department of Ecology and Earth Sciences, Dubna, Russia.

**Inna Z. Kamanina\*** – Associate Professor of the Department of Ecology and Earth Sciences, candidate of biological sciences, State Budget Educational Institution Of Higher Education of Moscow Region "University of Dubna" (State University "Dubna"), 141980, Russia, Moscow Region, Dubna, 19 Universitetskaya st., tel: 8 (916) 165-59-26, e-mail: kamanina@uni-dubna.ru

**Svetlana P. Kaplina** – Associate Professor of the Department of Ecology and Earth Sciences, candidate of biological sciences, State Budget Educational Institution Of Higher Education of Moscow Region "University of Dubna" (State University "Dubna"), Dubna, Russia.

### Contribution

Dzerassa N. Chigoeva carried out sampling, sample preparation, conducted analytical measurements, participated in the writing of the manuscript. Inna Z. Kamanina was responsible for the formulation of the objectives and conducting the study; analyzed the data, took part in writing the manuscript, and corrected the manuscript prior to submission to the editor. Svetlana P. Kaplina analyzed the data, took part in writing the manuscript, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

### Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 19.02.2018

Accepted for publication 15.03.2018