

ГЕОЭКОЛОГИЯ / GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.71>

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ВЕДУЧИ»

Научная статья

Теунова Н.В.<sup>1,\*</sup>, Кешева Л.А.<sup>2</sup>, Ташилова А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-1135-3587;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-5132-1563;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-2368-6047;

<sup>1,2,3</sup>Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (nata0770[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Проблема загрязнения почвы остро стоит перед человечеством. Почва является одним из главных компонентов природной среды, в ней растут и созревают растения, пригодные для пищи животным, эти же растения питаются полезными веществами из почвенного слоя. Почва также является основой для жизни и отдыха людей. Среди многочисленных загрязнителей почвенного покрова особое место принадлежит тяжелым металлам, которые относятся к группе наиболее опасных веществ.

В данной статье рассматривается содержание тяжелых металлов в почве на территории Всесезонного туристического рекреационного комплекса «Ведучи» (ВТРК «Ведучи»), который находится в южной части Чеченской Республики. Было исследовано 32 образца почвы, отобранных на глубине 0,0-0,2 м и 0,2-1,0 м. На основе результатов анализа был рассчитан суммарный показатель загрязнения.

**Ключевые слова:** предельно-допустимые концентрации, химическое загрязнение, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения.

THE MONITORING OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL ON THE TERRITORY OF THE TOURIST COMPLEX "VEDUCHI"

Research article

Teunova N.V.<sup>1,\*</sup>, Kesheva L.A.<sup>2</sup>, Tashilova A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-1135-3587;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-5132-1563;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-2368-6047;

<sup>1,2,3</sup>High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

\* Corresponding author (nata0770[at]yandex.ru)

**Abstract**

The problem of soil contamination is an acute one for mankind. Soil is one of the main components of the natural environment, plants grow and ripen in it, suitable for food for animals, these same plants feed on useful substances from the soil layer. Soil is also the basis for human life and recreation. Among the many pollutants of the soil cover, a special place belongs to heavy metals, which are among the most dangerous substances.

This article examines the content of heavy metals in the soil of the All-Season Tourist and Recreational Complex "Veduchi", which is located in the southern part of the Chechen Republic. Thirty-two soil samples taken at the depths of 0.0-0.2 m and 0.2-1.0 m were examined. Based on the results of the analysis, a total pollution index was calculated.

**Keywords:** maximum permissible concentration, chemical pollution, heavy metals, total pollution index.

**Введение**

Чеченская Республика является южным регионом России, который занимает особое геостратегическое положение на европейской территории. Республика расположена на границе Европы и Азии, в центральной части северного склона Большого Кавказа [1].

Чеченская республика обладает большим туристическим потенциалом. В республике очень много красивых мест, которые привлекают туристов. Развитие туристического направления способствует социально-экономическому росту в регионе. В настоящее время интенсивно развивается Всесезонный туристический рекреационный комплекс «Ведучи», расположенный в южной части Чеченской Республики, на территории Итум-Калинской аридной котловины, и является частью бассейна реки Аргун. Большая часть территории курортного комплекса располагается в зоне горных лесов, занимающей нижние части северного склона хребта Данедук, отдельные площадки на хребте Хача-Ройдук (южный склон).

Для оценки современного экологического состояния природной среды был проведен мониторинг загрязнения почвенного покрова для соблюдения санитарно-гигиенических норм безопасности отдыха туристов. Территория комплекса «Ведучи» в основном расположена в горно-степной и горно-лесной почвенно-географических зонах. По почвенной классификации 1976 г. данные почвы принадлежат к горно-луговым степным [2]. По почвенной классификации 2004 года основным типом почвы для данной территории является петрозём гумусовый, маломощный

сильно смытый на скальных грунтах [3]. При этом особенности рельефа в районе площадки позволяют предположить более мощные гумусовые горизонты в местах локальных депрессий за счёт отложения смытых грунтов.

Согласно данным различных исследований резкая изменчивость морфологических и физических свойств почв, особенности их генезиса отражаются на характере накопления токсикантов и их распределению по профилю. В большинстве случаев при атмотехногенном загрязнении основное накопление происходит именно в верхнем двадцатисантиметровом слое [4], [5].

Для функционирования всех живых организмов необходимы различные микроэлементы и химические вещества, избыток или недостаток которых может приводить к возникновению различных заболеваний. Почвы являются индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье людей. Основными источниками загрязнения почв в районе ВТРК являются выбросы автотранспорта, строительная и дорожная пыль, несанкционированные свалки и т.д. Загрязненная почва в свою очередь воздействует на приземный воздух, поверхностные и грунтовые воды и корневые системы растений.

Тяжелые металлы (ТМ) в почвах являются наиболее опасными загрязнителями и обладают высокой патогенностью [4], [6].

В данной работе представлены результаты анализа содержания в почве тяжелых металлов, которое необходимо для качественной оценки современного состояния компонентов природной среды на территории ВТРК «Ведучи».

### **Методы и принципы исследования**

Отбор проб почвы для исследования почв на загрязнение тяжёлыми металлами проводился в соответствии с методическими указаниями [7], где при однородном почвенном покрове требуется отобрать 1 объединенную пробу с участка площадью 1 га (100 м x 100 м). Участок исследований является типичным для данного района по природным условиям, почвенный покров однороден, в связи с чем для проведения исследований почвы на содержание тяжелых металлов было отобрано 16 проб с верхнего двадцатисантиметрового слоя и 16 проб в слое почвы на глубине до 1 метра.

Определение концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в исследуемых образцах проводилось методом инверсионной вольтамперометрии [8].

При проведении исследований концентрации тяжёлых металлов во всех пробах были сопоставлены с величинами их предельно-допустимых концентраций (ПДК) [9].

Образцы почвы для проведения исследований отбирались в соответствии методиками [10], [11].

Согласно методикам на каждой пробной площадке в трех равноудаленных друг от друга точках из верхнего гумусового слоя, с глубины от 0,0 до 0,2 м и нижнего слоя, с глубины 0,2-1,0 м. отбирали образцы почвы. Далее, тщательно перемешав каждый слой, методом конверта были взяты усредненные пробы, которые и подвергались дальнейшим операциям. В таком виде почвы были готовы к элементному анализу.

Классификационное деление тяжелых металлов на 3 класса опасности приведено на основании ГОСТ 17.4.1.02-83 [12].

### **Основные результаты**

При проведении исследований образцов почвы, отобранных на территории ВТРК «Ведучи» было выявлено наличие в них семи тяжелых металлов: мышьяк, ртуть, свинец, кадмий и цинк являются особо токсичными и относятся к первому классу. Никель и медь, являются токсичными и относятся ко 2 классу опасности. Малотоксичных тяжелых металлов третьего класса обнаружено не было.

Результаты определения концентрации тяжёлых металлов, полученные при анализах почв приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Концентрация тяжелых металлов, мышьяка в пробах почвы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.71.1>

№	Глубина отбора (м)	Элемент, мг/кг сухой почвы						
		Ртуть	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Цинк	Никель	Медь
1	0,0-0,2	0,128±0,064	0,587±0,205	0,112±0,045	<0,1	<1,0	0,536±0,241	<1,0
	0,2-1,0	< 0,1	0,523±0,205	< 0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
2	0,0-0,2	0,136±0,069	0,595±0,208	0,121±0,048	0,11±0,04	<1,0	0,542±0,244	<1,0
	0,2-1,0	< 0,1	0,535±0,187	< 0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
3	0,0-0,2	0,147±0,073	0,588±0,208	< 0,1	0,131±0,04	<1,0	<0,5	<1,0
	0,2-1,0	< 0,1	0,514±0,18	< 0,1	0,106±0,042	<1,0	<0,5	<1,0
4	0,0-0,2	0,128±0,064	< 0,5	0,136±0,054	0,117±0,047	<1,0	0,577±0,26	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	0,524±0,236	<1,0
5	0,0-0,2	0,131±0,065	0,617±0,216	0,12±0,05	<0,1	<1,0	0,524±0,236	<1,0
	0,2-1,0	0,115±0,057	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
6	0,0-0,2	0,135±0,065	0,546±0,216	0,127±0,05	0,142	<1,0	0,576±0,236	<1,0
	0,2-1,0	0,106±0,053	0,52±0,18	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
7	0,0-0,2	0,158±0,079	0,625±0,219	0,145±0,058	0,122±0,049	<1,0	0,544±0,245	<1,0
	0,2-1,0	0,123±0,061	0,582±0,204	0,1±0,04	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
8	0,0-0,2	0,165±0,082	0,563±0,197	0,134±0,054	<0,1	<1,0	0,517±0,233	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
9	0,0-0,2	0,139±0,069	0,645±0,226	0,158±0,063	<0,1	<1,0	0,584±0,263	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	0,556±0,195	0,121±0,048	<0,1	<1,0	0,525±0,236	<1,0
10	0,0-0,2	0,145±0,072	0,615±0,215	0,116±0,046	0,127±0,051	<1,0	0,547±0,246	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	0,536±0,187	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
11	0,0-0,2	0,186±0,093	0,574±0,201	0,134±0,054	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
	0,2-1,0	0,152±0,076	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
12	0,0-0,2	0,154±0,077	0,596±0,209	<0,1	<0,1	<1,0	0,618±0,278	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	0,521±0,234	<1,0
13	0,0-0,2	0,121±0,06	< 0,5	0,133±0,053	<0,1	<1,0	0,526±0,237	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	< 0,5	<0,1	<0,1	<1,0	<0,5	<1,0
14	0,0-0,2	<0,1	0,642±0,225	0,141±0,056	0,162±0,065	<1,0	0,584±0,263	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	0,552±0,193	<0,1	0,125±0,05	<1,0	<0,5	<1,0

15	0,0-0,2	0,128±0,064	0,575±0,201	<0,1	<0,1	<1,0	0,655±0,295	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<1,0	0,523±0,235	<1,0
16	0,0-0,2	0,12±0,06	0,61±0,213	0,144±0,058	<0,1	<1,0	0,581±0,261	<1,0
	0,2-1,0	<0,1	0,546±0,191	<0,1	<0,1	<1,0	0,51±0,232	<1,0

Оценка состояния почвенного покрова производилась сравнением полученных результатов со значением предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов (загрязняющих веществ) в почвенном покрове (табл. 2).

Таблица 2 - Значения ПДК тяжелых металлов и мышьяка в пробах почв и грунтов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.71.2>

№ п/п	Определяемые показатели, мг/кг сухой почвы	Гигиенический норматив
1	Ртуть	2,1
2	Свинец	32,0
3	Мышьяк	2,0
4	Кадмий	2,0
5	Цинк	23,0
6	Никель	4,0
7	Медь	3,0

Согласно полученным данным (табл. 1) концентрации всех исследуемых веществ во всех шестнадцати пробах не превышают предельно-допустимые концентрации в верхнем двадцатисантиметровом слое, а также в слое от 0,2 до 1 м.

Загрязнение почв также оценивалось с использованием и другого подхода, по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ). При использовании формулы  $Z_c = K_{ci} + \dots + K_{cn - (n - 1)}$ , где  $n$  - количество учитываемых химических элементов;  $K_{ci}$  - коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения, превышающий единицу, предложенную известным советским ученым Юлием Ефимовичем Саеом, были получены значения суммарного показателя химического загрязнения почвы для семи тяжелых металлов, обнаруженных на территории туристического рекреационного комплекса (таблица 3). Критические значения, характеризующие суммарное загрязнение  $Z_c$  по степени опасности, следующие: при значении суммарного показателя химического загрязнения  $Z_c < 16$  уровень загрязнения почвы считается допустимым; при  $16 < Z_c < 32$  - загрязнение считается умеренно опасным; при  $32 < Z_c < 128$  - высоко опасным; при  $Z_c > 128$  - чрезвычайно опасным [12], [13].

Таблица 3 - Суммарный показатель химического загрязнения почв

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.71.3>

№	Глубина отбора, м		Элементы						
			ртуть	свинец	мышьяк	кадмий	цинк	никель	медь
1	К	0,0-0,2	1,28	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,28						
		0,2-1,0	1,00						
2	К	0,0-0,2	1,36	0,04	0,06	0,92	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,36						
		0,2-1,0	1,00						
3	К	0,0-0,2	1,47	0,04	0,05	1,09	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,88	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,56						
		0,2-1,0	1,00						
4	К	0,0-0,2	1,28	0,03	0,06	0,99	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,28						
		0,2-1,0	1,00						
5	К	0,0-0,2	1,31	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,15	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,31						
		0,2-1,0	1,15						
6	К	0,0-0,2	1,35	0,04	0,06	1,18	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,06	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,53						
		0,2-1,0	1,06						
7	К	0,0-0,2	1,58	0,04	0,07	1,02	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,23	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,60						
		0,2-1,0	1,23						
8	К	0,0-0,2	1,65	0,04	0,06	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,65						
		0,2-1,0	1,00						
9	К	0,0-0,2	1,39	0,04	0,07	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,06	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,39						
		0,2-1,0	1,00						
10	К	0,0-0,2	1,45	0,04	0,05	1,06	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,51						
		0,2-1,0	1,00						
11	К	0,0-0,2	1,86	0,04	0,06	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,52	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,86						
		0,2-1,0	1,52						
12	К	0,0-0,2	1,54	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,54						
		0,2-1,0	1,00						
13	К	0,0-0,2	1,21	0,03	0,06	0,83	0,02	0,03	0,07

		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,21						
		0,2-1,0	1,00						
14	K	0,0-0,2	1,00	0,04	0,06	1,35	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,04	0,05	1,05	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,35						
		0,2-1,0	1,05						
15	K	0,0-0,2	1,28	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,03	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,28						
		0,2-1,0	1,00						
16	K	0,0-0,2	1,20	0,04	0,07	0,83	0,02	0,03	0,07
		0,2-1,0	1,00	0,04	0,05	0,83	0,02	0,03	0,07
	Z <sub>c</sub>	0,0-0,2	1,20						
		0,2-1,0	1,00						

Как видно из таблицы 3 суммарный показатель химического загрязнения почвы Z<sub>c</sub> во всех исследуемых пробах, как с поверхностного двадцатисантиметрового слоя, так и с глубины 0,2-1,0 м меньше 16. Полученные результаты показали, что значения суммарного показателя химического загрязнения во всех пробах, взятых с глубины 0,2-1,0 м имеет значение ниже, чем в верхнем слое почвы. Следовательно, загрязнение почвы исследуемой территории туристического рекреационного комплекса можно считать «допустимым».

#### Заключение

При проведении исследований почвенного покрова на территории ВТРК «Ведучи», установлено, что по химическому загрязнению тяжелыми металлами концентрации во всех пробах, взятых с верхнего двадцатисантиметрового слоя и слоя с глубины 0,2-1,0 м на территории обследования не превышают предельно-допустимой концентрации. Суммарный показатель коэффициентов концентрации тяжелых металлов во всех пробах составляет Z<sub>c</sub> < 16, соответственно, уровень химического загрязнения во всех исследованных пробах относится к «допустимой» категории загрязнения и не будет оказывать негативного воздействия на ее пограничные экосистемы, а также здоровье человека.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

#### Список литературы / References

1. Керимов И.А. Природно-рекреационный потенциал горной части Чеченской Республике как фактор устойчивого развития региона / И.А. Керимов, А.А. Даукаев и др. // Устойчивое развитие горных районов территории. — 2017. — Т. 9. — З. — с. 211-215. — DOI:10.21177/1998-4502-2017-9-3-211-218.
2. Иванова Е.Н. Классификация и диагностика почв СССР / Е.Н. Иванова. — М., 1976. — 226 с.
3. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и др. — Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2004. — 342 с.
4. Абдуажитова А.М. Адсорбция тяжелых металлов при моно- и полиэлементном загрязнении почв / А.М. Абдуажитова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — 8-2. — с.142-143.
5. Болтунова А.Д. Накопление тяжелых металлов в почвах под влиянием промышленного производства / А.Д. Болтунова, С.В. Смирнова, В.В. Солтис // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — 4.
6. Неделин Н.А. Биологическая диагностика почвы техногенно-загрязненного ландшафта / Н.А. Неделин, М.В. Чижевская, Н.В. Фомина // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2013. — 9. — с. 278-279.
7. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.
8. Кочеров В.И. Инверсионная вольтамперометрия / В.И. Кочеров, А.В. Козицина, Т.С. Иванова и др. — Екатеринбург: УрФУ, 2010. — 110 с.
9. СанПиН 42-128-4433-87 Санитарные нормы допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве.
10. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
11. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
12. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.



13. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Kerimov I.A. Prirodno-rekreacionnyj potencial gornoj chasti SHechenskoj Respublike kak faktor ustojchivogo razvitiya regiona [Natural and recreational potential of the mountainous part of the Chechen Republic as a factor in the sustainable development of the region] / I.A. Kerimov, A.A. Daukaev et al. // Ustojchivoje razvitie gornyh rajonov territorii [Sustainable development of mountain areas of the territory]. — 2017. — Vol.9. — 3. — p. 211-215. — DOI:10.21177/1998-4502-2017-9-3-211-218. [in Russian]
2. Ivanova E.N. Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR] / E.N. Ivanova. — M., 1976. — 226 p. [in Russian]
3. Shishov L.L. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of Russian soils] / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva et al. — Smolensk: Publishing House of Oikumene, 2004. — 342 p. [in Russian]
4. Abduazhytova A.M. Adsorbciya tyazhelyh metallov pri mono- i polielementnom zagryaznenii pochv [Adsorption of heavy metals during mono- and polyelement pollution of soils] / A.M. Abduazhytova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij [International Journal of Applied and Fundamental Research]. — 2014. — 8-2. — p.142-143. [in Russian]
5. Boltunova A.D. Nakoplenie tyazhelyh metallov v pochvah pod vliyaniem promyshlennogo proizvodstva [Accumulation of heavy metals in soils under the influence of industrial production] / A.D. Boltunova, S.V. Smirnova, V.V. Soltis // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. — 2017. — 4. [in Russian]
6. Nedelin N.A. Biologicheskaya diagnostika pochvy tekhnogenno-zagryaznennogo landshtafta [Biological diagnostics of the soil of a technogenically polluted landscape] / N.A. Nedelin, M.V. Chizhevskaya, N.V. Fomina // Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual problems of aviation and cosmonautics]. — 2013. — 9. — p. 278-279. [in Russian]
7. Metodicheskie ukazaniya MU 2.1.7.730-99 Gigienicheskaya ocenka kachestva pochvy naselennyh mest [Guidelines MU 2.1.7.730-99 Hygienic assessment of soil quality in populated areas]. [in Russian]
8. Kocherov V.I. Inversionnaya vol'tamperometriya [Stripping voltammetry] / V.I. Kocherov, A.V. Kozitsina, T.S. Ivanova et al. — Yekaterinburg: UrFU, 2010. — 110 p. [in Russian]
9. SanPiN 42-128-4433-87 Sanitarnye normy dopustimyh koncentracij (PDK) himicheskikh veshchestv v pochve [SRR 42-128-4433-87 Sanitary norms for permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil]. [in Russian]
10. GOST 17.4.4.02-2017 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [GSRF 17.4.3.01-2017 Nature Protection. Soils. General requirements for sampling]. [in Russian]
11. GOST 17.4.3.01-2017 Ohrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob [GSRF 17.4.1.02-83 "Nature protection. Soils. Classification of chemicals for pollution control"]. [in Russian]
12. GOST 17.4.1.02-83 Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikaciya himicheskikh veshchestv dlya kontrolya zagryazneniya [SRR 42-128-4433-87 Sanitary norms for permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil]. [in Russian]
13. SanPiN 2.1.3684-21 Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniyu territorij gorodskih i sel'skih poselenij, k vodnym ob'ektam, pit'evoj vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatij [SRR 2.1.3684-21 Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures]. [in Russian]