

Читать
онлайн
Read
online

Лукьянова О.П., Казеев К.Ш., Шерстнев А.К., Колесников С.И.

Содержание тяжёлых металлов в почвах кладбищ

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии имени Д.И. Ивановского, 344090, Ростов-на-Дону, Россия

Введение. Почвы кладбищ практически не исследованы, хотя и занимают значительные площади в населённых пунктах. Почвенный покров кладбищ состоит из сильно нарушенных некрозёмов (14–22%), а также почв межмогильных пространств, в меньшей степени преобразованных человеком.

Цель работы – определение содержания тяжёлых металлов в почвах кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска.

Материалы и методы. В 2020–2021 гг. отобрано 76 почвенных образцов с территорий кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска. В основном исследовали верхний слой почвы (0–10 см), также исследованы несколько образцов, отобранных из некрозёмов, и почв межмогильных участков с глубины 10–20 см. Определение валового состава в почвенных образцах проводили рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV».

Результаты. В отдельных образцах почв кладбищ Ростова-на-Дону выявлено значительное превышение содержания хрома, меди и мышьяка по сравнению с фоновым содержанием. В шести образцах валовое содержание цинка составляло от 1068 до 3969 мг/кг (превышение в 10–16 раз). В пробах почвы, отобранных на трёх кладбищах Батайска, превышений ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) тяжёлых металлов (за исключением хрома и цинка) не установлено.

Ограничения исследования. Исследование ограничено верхним слоем почвы до глубины 20 см. Возможность миграции тяжёлых металлов в нижние слои почвы и попадания в грунтовые воды не изучалась.

Заключение. Валовой состав почв кладбищ Ростовской агломерации соответствует типичным значениям, характерным для чернозёмов Ростовской области. Превышение фонового содержания хрома и цинка в межмогильных почвах связано с использованием металлов и лакокрасочной продукции, содержащих эти элементы.

Ключевые слова: некрозёмы; загрязнение; экологический мониторинг; тяжёлые металлы; мышьяк

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует предоставления заключения комитета по биомедицинской этике. На проведение работ даны разрешения администрации городов и религиозными организациями.

Для цитирования: Лукьянова О.П., Казеев К.Ш., Шерстнев А.К., Колесников С.И. Содержание тяжёлых металлов в почвах кладбищ. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(1): 22–28. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-22-28> <https://elibrary.ru/fsyfta>

Для корреспонденции: Казеев Камил Шагидулович, доктор геогр. наук, профессор, директор Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «ЮФУ», 344090, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: kazeev@sfedu.ru, kamil_kazeev@mail.ru

Участие авторов: Лукьянова О.П. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Казеев К.Ш. – сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование; Шерстнев А.К. – сбор материала и обработка данных; Колесников С.И. – сбор данных литературы. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследования проведены при финансовой поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-449.2022.5).

Поступила: 16.10.2022 / Принята к печати: 08.12.2022 / Опубликовано: 15.02.2023

Olga P. Lukyanova, Kamil Sh. Kazeev, Aleksey K. Sherstnev, Sergey I. Kolesnikov

The content of heavy metals in the soils of cemeteries

Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology. D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation

Introduction. The cemetery soils are practically not studied, although they occupy significant areas in settlements. The cemetery soil cover consists of heavily disturbed necrozems (14–22%) and soils of inter-grave spaces, to a lesser extent transformed by man.

The aim of the work was to determine the content of heavy metals in the cemetery soils in Rostov-on-Don and Bataysk.

Materials and methods. In 2020–2021 seventy six soil samples were taken from the territories of the cemeteries of Rostov-on-Don and Bataysk. Basically, the topsoil layer of 0–10 cm was studied, several samples taken from necrozems and soils of inter-grave plots from a depth of 10–20 cm were also studied. The detection of the gross composition in soil samples was carried out by the X-ray fluorescence method on the Spectroscan MAKS-GV device.

Results. In some samples of the cemeteries in Rostov-on-Don, a significant excess of the content of chromium, copper and arsenic was revealed compared to the background content. In six samples, the total zinc content was exceeded by 10 to 16 times and ranged from 1068 to 3969 mg/kg. In three Bataysk cemeteries, no excess of heavy metals (with the exception of chromium and zinc) was found.

Limitations. In the work, 76 samples from 8 cemeteries of the Rostov agglomeration were studied, which is a fairly reference sample for such objects.

Conclusion. The gross composition of the cemetery soils in the Rostov agglomeration corresponds to the typical values characteristic of the chernozems of the Rostov region. The excess of the background content of chromium and zinc in the soils between graves is associated with the use of metals and paint products containing these elements.

Keywords: necrozems; pollution; environmental monitoring; heavy metals; arsenic

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion. Permissions were given from the municipal government institution “City Cemetery Service” in Rostov-on-Don and municipal enterprise Funeral Services in Bataysk.

For citation: Lukyanova O.P., Kazeev K.Sh., Sherstnev A.K., Kolesnikov S.I. The content of heavy metals in the soils of cemeteries. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(1): 22–28. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-22-28> <https://elibrary.ru/fsyfta> (In Russian)

For correspondence: *Kamil Sh. Kazeev*, MD, PhD, DSci., Professor, Director of the D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation. E-mail: kazeev@sfedu.ru, kamil_kazeev@mail.ru

Information about authors:

Lukyanova O.P., <https://orcid.org/0000-0001-5827-5910> Kazeev K.Sh., <https://orcid.org/0000-0002-0252-6212>
 Sherstnev A.K., <https://orcid.org/0000-0002-7079-8930> Kolesnikov S.I., <https://orcid.org/0000-0003-2124-6328>

Contribution: *Lukyanova O.P.* – collection of material and data processing, writing the text; *Kazeev K.Sh.* – collection of material and data processing, writing text, editing; *Sherstnev A.K.* – collection of material and data processing; *Kolesnikov S.I.* – collection of literature data. *All co-authors* – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The research was carried out with the financial support of the leading scientific school of the Russian Federation (NSh-449.2022.5).

Received: October 10, 2022 / Accepted: December 8, 2022 / Published: February 15, 2023

Введение

Одним из важнейших компонентов, без которого ни один крупный населённый пункт не сможет бесперебойно функционировать, являются кладбища. Исторически кладбища располагали преимущественно на окраинах городов, но с развитием инфраструктуры и освоением новых территорий многие кладбища стали располагаться непосредственно в городе. Из «действующих» кладбища переходили в статус «открыты для родственного захоронения», а некоторые становились «закрытыми для захоронения» из-за ограниченной территории и превращались из ухоженных в заросшие и заброшенные. Поскольку захоронения проводились на новых кладбищах, старые зачастую не имели должного ухода в связи с малой посещаемостью родственниками умерших. Однако такие «закрытые» кладбища благодаря своему статусу и частичной заброшенности имеют и меньшую по сравнению с другими антропогенную нагрузку. Известно, что кладбища являются потенциальным источником воздействия на среду обитания и здоровье человека. В результате процессов разложения останков в почвы поступают не только бактерии и органические соединения, но и тяжёлые металлы [1]. Несмотря на свою уникальность, данные территории слабо изучены как в России, так и в зарубежных странах. В основном это связано с тем, что кладбище для человека является сакральным местом, и любое вмешательство потенциально воспринимается негативно и даже приравнивается к кощунству или вандализму. В России существует несколько работ, посвящённых изучению санитарно-гигиенических характеристик кладбищенских почв [2, 3] и населяющих данные

территории беспозвоночных и позвоночных животных [4, 5]. За рубежом почвы кладбищ изучаются весьма ограниченно [8–10]. Приоритетным является исследование биоразнообразия данных территорий и оценка возможности их использования как мест отдыха [6, 7]. Почвы кладбищ относятся к урбопочвам и называются некрозёмами. Это антропогенные глубоко преобразованные почвы, которые имеют существенные отличия от зональных [11]. Оценка содержания тяжёлых металлов в почвах является важным аспектом изучения селитебных и рекреационных территорий [12–15].

Цель работы – определить содержание тяжёлых металлов в почвах кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска.

Материалы и методы

Город Ростов-на-Дону – административный центр Ростовской области и Южного федерального округа России. Город площадью 348,5 км² расположен на юго-востоке Восточно-Европейской равнины на берегах реки Дон. Батайск находится в 8 км южнее Ростова-на-Дону и является его городом-спутником. Площадь города составляет 77,7 км² [16]. Исследуемая территория расположена в зоне умеренного климата. Зональные почвы исследуемого района – чернозёмы обыкновенные карбонатные среднемошнью и мощные тяжёлоосулинные на жёлто-бурых суглинках и глинах [17, 18].

Объектами исследований являлись пять кладбищ Ростова-на-Дону и три кладбища Батайска (табл. 1). Расчёты показали, что некрозёмы составляют в среднем 14–22% общей площади кладбищ, остальная территория занята межмогильными почвами.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска Characteristics of the cemeteries of Rostov-on-Don and Bataysk

Наименование кладбища The name of the cemetery	Географические координаты Geographical coordinates	Площадь, га Area, hectares	Действующий статус Current status
<i>Ростов-на-Дону / Rostov-on-Don</i>			
Братское кладбище Bratskoe cemetery	47°14'29.1" с.ш. (N) 39°42'56.5" в.д. (E)	22	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
Верхне-Гниловское кладбище Verkhne-Gnilovsky cemetery	47°12'13.4" с.ш. (N) 39°40'09.4" в.д. (E)	4.5	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
Еврейско-Татарское кладбище Jewish-Tatar cemetery	47°14'20.5" с.ш. (N) 39°43'18.9" в.д. (E)	25	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
Нижне-Гниловское кладбище Nizhne-Gnilovsky cemetery	47°11'54.4" с.ш. (N) 39°38'24.3" в.д. (E)	15	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
Пролетарское (Армянское) кладбище Proletarian (Armenian) cemetery	47°14'14.3" с.ш. (N) 39°45'04.8" в.д. (E)	14	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
<i>Батайск / Bataysk</i>			
Кладбище № 1 (Красный сад) Cemetery No. 1 (Red Garden)	47°06'33.0" с.ш. (N) 39°43'38.7" в.д. (E)	33	Открыто для прямых захоронений Open to direct burials
Кладбище № 3 Cemetery No. 3	47°07'41.4" с.ш. (N) 39°42'19.8" в.д. (E)	9	Открыто для родственного захоронения Open to related burials
Новостроенское кладбище Novostroenskoe cemetery	47°08'42.7" с.ш. (N) 39°46'21.9" в.д. (E)	16	Открыто для родственного захоронения урн с прахом Open to burials of the related funerary urns

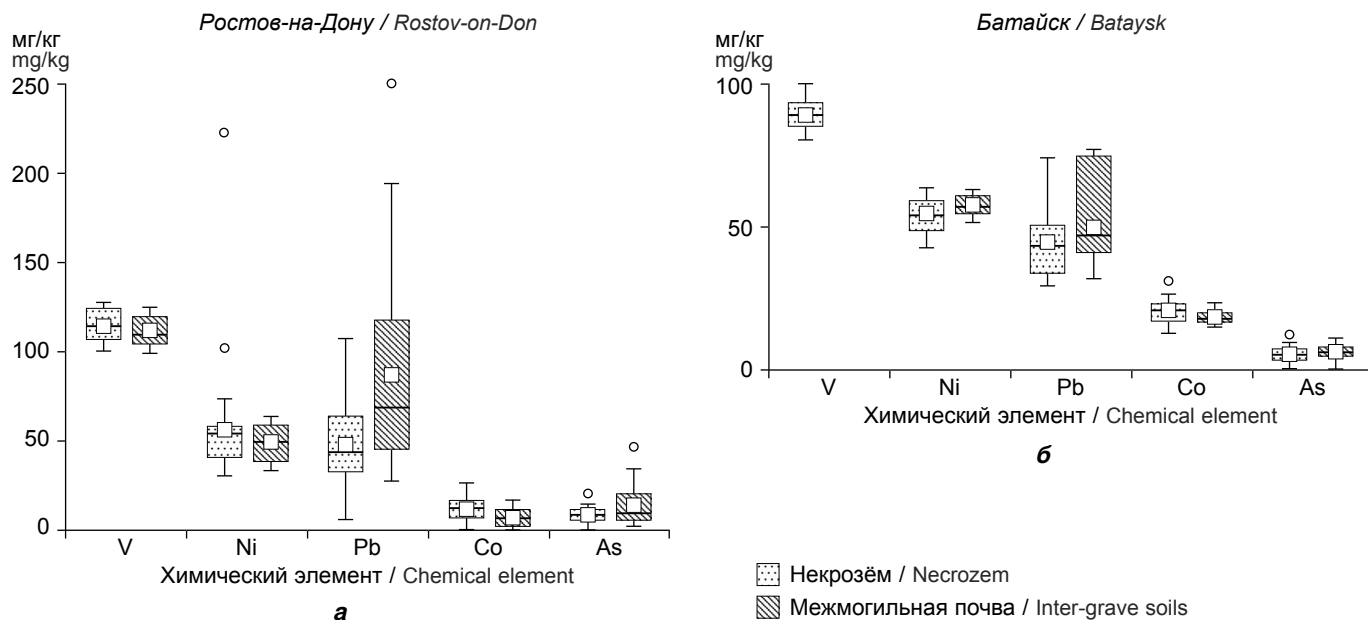


Рис. 1. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в некрозёмах и межмогильных почвах кладбищ Ростова-на-Дону (а) и Батайска (б).
Fig. 1. The content of heavy metals and arsenic in the necrozems and inter-grave soils of cemeteries of Rostov-on-Don (a) and Bataysk (b).

Для исследования в марте 2020 г. было отобрано 16 образцов почв с кладбищ Ростова-на-Дону, из них 10 образцов – с территории Братского кладбища и 6 образцов – с территории Еврейско-Татарского. Пробоотбор проводили попарно из разных по возрасту некрозёмов и межмогильных участков, расстояние между которыми составляло не более 3 м. Давность захоронений – от 3 мес до 92 лет.

В июле 2021 г. с кладбищ Ростова-на-Дону было отобрано 35 образцов почв, из них по 8 образцов из могильных участков с территорий Пролетарского (Армянского), Верхне-Гниловского кладбищ и 7 образцов – с Нижне-Гниловского кладбища. Также на каждом кладбище взято по 3 образца из межмогильных участков с глубины 0–10 см и по одному образцу – с глубины 10–20 см. Возраст могил составлял от 9 мес до 101 года.

В октябре 2020 г. с кладбищ Батайска было отобрано 25 образцов, из них 5 – с могильных участков кладбища № 3 (Западный Батайск), 6 образцов – с могильных участков кладбища № 1 (Красный сад) и 5 образцов – с могильных участков Новостроенского кладбища. Также на каждом кладбище отобрано по одному образцу из межмогильных участков и один образец пахотной почвы рядом с кладбищем № 1 (Красный сад). Возраст могил составлял от 1 года до 72 лет. Исследовали преимущественно верхний слой почвы (0–10 см), также на каждом кладбище взято по 5 образцов почв могильных и межмогильных участков с глубины 10–20 см.

Отбор образцов почв проводили по ГОСТ Р 58595–2019¹ путём смешивания пяти индивидуальных образцов почв с последующим усреднением пробы.

Определение валового состава в почвенных образцах проводили рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV».

Уровень химического загрязнения почв рассчитывали с помощью коэффициента концентрации химического вещества (K_c) и суммарного показателя загрязнения (Z_c), K_c определяли отношением фактического содержания определяе-

мого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому содержанию ($C_{\text{фи}}$):

$$C_{\text{фи}} : K_c = C_i / C_{\text{фи}}$$

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \sum (K_{c_i} + \dots + K_{c_n}) - (n - 1),$$

где n – число определяемых суммируемых веществ, K_{c_i} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения [19].

Оценку загрязнения исследуемых территорий проводили по шкале А.П. Сизова [20]. Фоновые значения и ОДК тяжёлых металлов в почве сравнивали с данными С.Н. Горбова, О.С. Безугловой [21] и СанПиН 1.2.3685–21². Статистическая обработка данных выполнена с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты

Установлено, что валовый состав исследуемых почв кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска отражает типичные значения для чернозёмов исследуемого региона [18]. Значительную долю в составе играют кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний. В сумме их содержание составляет 81–87%. В почвах кладбищ Ростова-на-Дону определены следующие соединения: SiO_2 (42–65%), Al_2O_3 (6–13%), Fe_2O_3 (3–5%), CaO (2–8%), MgO (1–2%), K_2O (1–2%), TiO_2 (0,4–1,1%), P_2O_5 (0,1–0,6%), Na_2O (0,7–1,4%).

Сравнивая полученные результаты анализа тяжёлых металлов с ОДК, можно сделать вывод о том, что в большинстве проб на территориях кладбищ Ростова-на-Дону тяжёлые металлы содержатся в допустимых концентрациях (за исключением хрома, цинка и мышьяка). Так, среднее содержание V составляло 113 мг/кг, Cr – 107 мг/кг, Zn – 694 мг/кг, Ni – 53 мг/кг, Cu – 128 мг/кг, Pb – 68 мг/кг, Co – 10 мг/кг и As – 12 мг/кг.

² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2, зарегистрированы в Минюсте 29.01.2021 г. № 62296.

¹ ГОСТ Р 58595–2019 Почвы. Отбор проб. Утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2019 г. № 954-ст.

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты концентраций (K_c) тяжёлых металлов в почвах кладбищ Ростова-на-Дону
Coefficients (K_c) of metal concentrations in soils of cemeteries of Rostov-on-Don

Наименование кладбища The name of the cemetery	Возраст могилы, лет Age of the grave, years	Почва Soil	Глубина, см Depth	Металл / Metal						Z_c	
				V	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb		Co
Братское кладбище Bratskoe Cemetery	63	Некрозём /Necrosem	0–10	1.7	1.0	5.1	1.3	1.6	0.3	1.6	7.3
		МП* / Inter-burial soil		1.5	1.0	10.7	1.3	1.5	2.4	0.5	13.3
	56	Некрозём /Necrosem	0–10	1.6	1.1	8.2	1.3	1.5	2.2	1.0	10.9
		МП / Inter-burial soil		1.6	1.0	6.2	1.2	1.5	1.9	0.8	8.4
	0.4	Некрозём /Necrosem	0–10	1.7	1.1	4.8	1.2	1.5	1.0	0.9	6.4
		МП / Inter-burial soil		1.5	1.1	12.7	1.3	1.6	3.7	0.9	16.7
	59	Некрозём /Necrosem	0–10	1.5	1.0	12.5	1.3	1.6	3.4	0.8	16.3
		МП / Inter-burial soil		1.8	1.0	54.6	1.3	1.7	4.9	1.0	60.3
60	Некрозём /Necrosem	0–10	1.8	1.0	5.1	1.3	1.6	1.7	0.6	7.5	
	МП / Inter-burial soil		1.7	1.0	5.1	1.3	1.6	0.3	1.6	7.3	
Еврейско-Татарское кладбище Jewish-Tatar cemetery	92	Некрозём /Necrosem	0–10	1.8	1.1	4.1	1.3	1.6	2.1	0.2	7.0
		МП / Inter-burial soil		1.6	1.1	7.7	1.3	1.5	2.3	0.0	10.5
	56	Некрозём /Necrosem	0–10	1.8	1.2	4.6	1.2	1.4	1.3	0.2	6.5
		МП / Inter-burial soil		1.7	1.0	8.0	1.2	1.4	4.0	0.0	12.3
	75	Некрозём /Necrosem	0–10	1.9	1.0	6.9	1.4	1.7	2.3	0.9	10.2
		МП / Inter-burial soil		1.9	1.0	4.1	1.3	1.6	1.4	0.3	6.2
Пролетарское (Армянское) кладбище Proletarian (Armenian) cemetery	55	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	5.9	1.3	2.1	2.4	1.4	9.2
		МП / Inter-burial soil		0	1.1	25.3	1.2	7.2	9.6	1.1	40.5
	55	МП / Inter-burial soil	10–20	0	1.2	11.9	1.3	2.8	3.1	1.2	16.5
	65	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.3	7.0	1.3	2.4	2.7	2.4	12.0
	64	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	9.1	1.4	2.9	3.4	2.4	15.2
	0.9	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	3.4	1.2	1.4	2.0	2.1	6.1
	61	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	5.9	1.1	7.9	1.4	1.4	13.8
		МП / Inter-burial soil		0	0.9	61.1	1.4	64.8	8.7	1.4	133.4
	58	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	10.4	1.0	12.4	3.8	2.5	26.1
	7	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	3.4	1.4	2.6	1.3	1.1	6.0
МП / Inter-burial soil		0		0.9	19.8	1.0	26.8	3.9	1.2	48.7	
14	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	3.2	1.2	2.4	1.8	1.4	6.0	
Верхне-Гниловское кладбище Verkhne-Gnilovskoe cemetery	68	МП / Inter-burial soil	0–10	0	0.9	4.0	0.9	0.8	1.4	1.1	4.5
		Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.2	4.7	2.3	1.5	2.1	2.0	8.8
	59	МП / Inter-burial soil	0–10	0	2.2	16.4	0.9	1.2	12.6	2.2	30.6
		Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.7	8.4	1.0	1.2	3.2	0.9	11.6
	12	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	2.7	0.9	1.3	2.6	2.2	5.9
	72	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	5.1	5.0	3.0	2.9	2.2	14.3
	87	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.9	6.9	0.9	1.0	2.1	3.4	10.3
	63	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.9	2.5	0.9	1.3	1.5	1.7	4.1
	55	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.4	12.8	0.9	13.4	4.9	1.9	30.2
	63	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.9	3.3	0.9	1.1	1.8	0.8	4.2
		МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.0	6.0	0.9	1.0	3.1	1.4	8.5
	МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.0	39.6	0.8	1.1	6.2	0	44.8	
Нижне-Гниловское кладбище Nizhne-Gnilovskoe cemetery	53	МП / Inter-grave soil	0–10	0	0.8	2.2	0.7	0.6	2.6	1.9	4.7
		МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.0	1.7	0.8	0.5	2.0	0.6	2.7
	50	МП / Inter-grave soil	0–10	0	0.8	3.3	0.8	0.7	3.3	0.9	5.6
		МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.1	11.2	0.7	0.9	3.6	1.9	14.9
	9	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	7.6	0.7	0.6	3.5	2.4	11.6
	101	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.4	3.3	1.1	0.7	5.4	0.4	8.1
	10	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.9	1.7	0.8	1.2	1.4	1.1	2.4
	69	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	3.1	1.6	0.9	3.4	1.6	6.7
	59	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.8	5.4	1.0	2.0	3.3	1.8	9.5
	69	Некрозём /Necrosem	0–10	0	0.8	2.5	0.8	0.6	2.6	1.7	4.9
	59	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	4.0	0.8	0.6	1.7	1.7	5.4

Примечание. Здесь и в табл. 3: * МП – межмогильная почва.

Таблица 3 / Table 3

Коэффициенты концентраций (K_c) тяжёлых металлов в почвах кладбищ Батайска
Coefficients (K_c) of metal concentrations in soils of Bataysk cemeteries

Наименование кладбища The name of the cemetery	Возраст могилы, лет Age of the grave, years	Почва Soil	Глубина, см Depth	Металл / Metal							Z_c
				V	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Co	
Кладбище № 3 (Западный Батайск) Cemetery No. 3 (Zapadny Bataysk)	53	Некрозём /Necrosem	0–10	1.3	1.0	3.5	1.4	1.1	2.0	2.5	6.7
	33	Некрозём /Necrosem	0–10	1.5	1.2	11.9	1.2	1.2	1.8	2.2	15.1
	42	Некрозём /Necrosem	0–10	1.2	1.3	2.1	1.1	1.1	1.5	2.0	4.3
	1	Некрозём /Necrosem	0–10	1.3	1.1	2.2	1.1	1.1	1.9	2.4	5.1
	49	Некрозём /Necrosem	0–10	1.4	1.1	2.2	1.1	0.8	2.1	1.9	4.8
	49	Некрозём /Necrosem	10–20	1.4	1.2	2.4	1.2	1.3	2.4	2.7	6.6
	49	МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.0	4.5	1.2	1.2	2.2	2.3	7.4
Кладбище № 1 (Красный сад) Cemetery No. 1 (Krasny sad)	46	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	6.1	1.1	1.3	2.7	2.1	9.4
	51	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.2	1.7	1.2	1.4	2.4	2.7	5.5
	51	Некрозём /Necrosem	10–20	0	1.2	1.6	1.3	1.3	2.5	3.1	6.0
	11	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.7	7.6	1.3	2.1	3.4	3.8	14.9
	33	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	7.5	1.2	3.0	3.4	2.4	13.6
		МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.4	10.3	1.2	2.8	3.6	2.5	16.8
	33	МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.5	14.9	1.2	3.7	3.9	2.2	22.4
	6	МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.2	1.4	1.3	1.3	2.2	3.2	5.6
	21	МП / Inter-grave soil	0–10	0	1.3	1.6	1.4	1.4	1.7	2.0	4.3
	21	МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.2	1.7	1.4	1.4	1.8	1.6	4.2
	Контроль (пашня) / Control (arable land)	0–10	0	1.2	1.4	1.3	1.3	1.7	2.2	4.2	
Новостроенское кладбище Novostroenskoe cemetery	46	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.2	1.5	1.2	1.3	1.7	1.8	3.5
	55	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.1	3.1	1.1	0.9	3.7	2.6	7.5
	29	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.2	1.7	1.1	1.0	2.3	2.2	4.5
		МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.0	1.5	1.3	1.2	2.4	2.1	4.6
		МП / Inter-grave soil	10–20	0	1.4	1.4	1.3	1.0	2.2	2.2	4.3
	72	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.2	3.0	1.1	0.8	1.7	3.2	6.1
	41	Некрозём /Necrosem	0–10	0	1.0	1.7	1.0	0.5	1.5	2.3	3.4

В некрозёмах Ростова-на-Дону большинство тяжёлых металлов имеют допустимые концентрации, за исключением цинка (в 21 из 31 образца значения составляли от 258 до 829 мг/кг), хрома (в 23 образцах – от 101 до 169 мг/кг) и меди (в 3 образцах – от 238 до 401 мг/кг). В нескольких образцах выявлены повышенные концентрации никеля, а в 12 образцах – повышенное содержание мышьяка (от 12 до 20 мг/кг) (рис. 1, а).

В почвах межмогильных пространств кладбищ Ростова-на-Дону обнаружены повышенные концентрации цинка: в 11 из 20 образцов значения находились в пределах от 259 до 823 мг/кг, а в 6 образцах содержание составляло от 1068 до 3969 мг/кг и превышение относительно фонового содержания было соответственно в 10–16 раз. Также выявлено повышенное содержание хрома в 9 образцах из 20 (от 102 до 222 мг/кг) и меди (216, 805 и 1943 мг/кг). В нескольких образцах обнаружена повышенная концентрация свинца, а в 10 образцах – мышьяка (от 11 до 48 мг/кг). Содержание ванадия, никеля и кобальта не превышало допустимых значений (см. рис. 1, а).

Содержание оксидов в почвах кладбищ Батайска: SiO₂ (51–63%), Al₂O₃ (11–13%), Fe₂O₃ (4–5%), CaO (2–8%), MgO (1–2%), K₂O (2–3%), Na₂O (0,7–1%), TiO₂ (0,7–0,8%), P₂O₅ (0,2–0,6%).

Сравнивая полученные результаты с ОДК, можно сделать вывод о том, что в почвах кладбищ Батайска содержание большинства тяжёлых металлов (за исключением хрома и цинка) не превышает допустимых концентраций. Среднее содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почвах кладбищ Батайска: V – 89 мг/кг, Cr – 122 мг/кг, Zn – 294 мг/кг, Ni – 55 мг/кг, Cu – 47 мг/кг, Pb – 49 мг/кг, Co – 19 мг/кг, As – 6 мг/кг.

В некрозёмах кладбищ Батайска превышены допустимые концентрации таких тяжёлых металлов, как хром (в 17 из 19 образцов – от 109 до 170 мг/кг) и цинк (в 5 из 19 образцов – от 227 до 775 мг/кг). Содержание меди (от 15 до 88 мг/кг) и других тяжёлых металлов не превышало допустимых значений (рис. 1, б).

В межмогильных почвах кладбищ Батайска также выявлены повышенные концентрации хрома (во всех шести образцах значения составляли от 103 до 147 мг/кг) и цинка (в 3 из 6 образцов – от 293 до 970 мг/кг), в одном образце содержание мышьяка было превышено и составило 11 мг/кг (см. рис. 1, б). Содержание меди (от 31 до 110 мг/кг) и других тяжёлых металлов не превышало допустимых значений, ванадий не был обнаружен.

В табл. 2 и 3 приведены коэффициенты концентраций тяжёлых металлов в почвах кладбищ Ростовской агломерации.

Обсуждение

Почвы региона имеют повышенное содержание валовых форм хрома, меди, свинца и цинка, однако суммарный показатель загрязнения обычно не превышает допустимых значений [21, 22].

В контрольном образце пахотной почвы рядом с кладбищем № 1 (Красный сад) не обнаружено превышений тяжёлых металлов по суммарному показателю загрязнения. При этом в контрольном образце содержание тяжёлых металлов составило: Cr – 124 мг/кг, Zn – 92 мг/кг, Ni – 60 мг/кг, Cu – 39 мг/кг, Pb – 34 мг/кг, Co – 18 мг/кг и As – 8 мг/кг (см. табл. 2, № п/п 69).

Сравнение некрозёмов и межмогильных почв показало, что в межмогильных почвах на территориях кладбищ

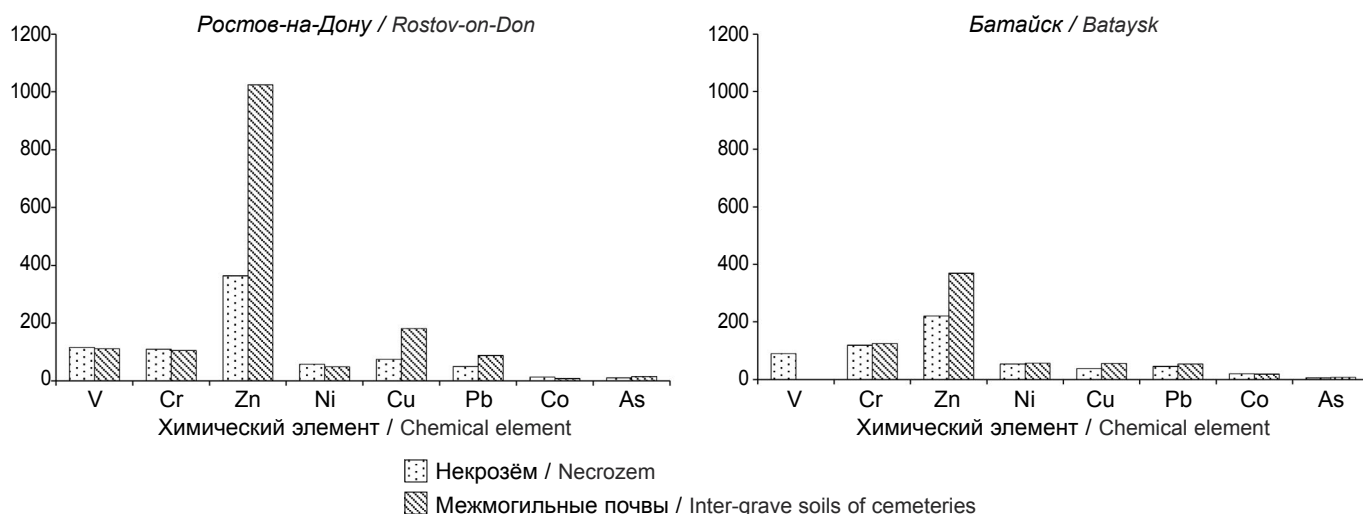


Рис. 2. Содержание тяжёлых металлов в некрозёмах и межмогильных почвах кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска.

Fig. 2. The content of heavy metals in necrozems and inter-grave soils of cemeteries of Rostov-on-Don and Bataysk.

Ростова-на-Дону и Батайска содержание цинка, меди и свинца выше, чем в некрозёмах. Содержание ванадия, хрома, никеля, кобальта и мышьяка находилось примерно в одном диапазоне (рис. 2).

Повышенное содержание цинка и хрома в почвах исследуемых территорий связано с использованием металлов, в том числе оцинкованного железа для оградок и гробничек, а также с применением при окрашивании лакокрасочных материалов, содержащих такие пигменты, как сурик свинцовый, хром свинцовый, цинковые белила и порошки металлов [23, 24]. Ранее М.И. Козыренко и Т.И. Кухарчик [25] установили загрязнение почв тяжёлыми металлами при окрашивании домов и других построек. Было показано, что содержание свинца, цинка, хрома и кадмия в почвах возле окрашенных домов и других построек существенно выше, чем в почвах огородов. Это даёт возможность объяснить и загрязнение почв кладбищ тяжёлыми металлами вследствие использования краски, поскольку пробоотбор проводили рядом с окрашенными оградками и оцинкованными гробничками.

Сравнение полученных авторами результатов (см. табл. 2) со шкалой А.П. Сизова (селитебные территории) [20] показало, что на территориях кладбищ Ростова-на-Дону большинство некрозёмов и межмогильных почв имеет допустимый уровень загрязнения. Тем не менее почвы нескольких кладбищ имели повышенный суммарный показатель (Z_c), преимущественно в межмогильных почвах, и только в трёх образцах некрозёмов суммарный показатель превышал допустимый уровень загрязнения.

Так, на территории Братского кладбища в 4 из 10 образцов был превышен допустимый уровень загрязнения: один образец некрозёма и два образца межмогильных почв по суммарному показателю имели умеренно опасный уровень загрязнения, один образец межмогильной почвы — опасный уровень загрязнения.

На территории Пролетарского кладбища в 4 из 12 образцов почвы допустимый уровень загрязнения был превышен: один образец некрозёма и один образец межмогильной почвы по суммарному показателю имели умеренно опасное загрязнение, один образец межмогильной почвы (с глубины 10–20 см) — опасный уровень загрязнения, один образец — чрезмерно опасный уровень загрязнения.

На территории Верхне-Гниловского кладбища в 3 из 12 отобранных образцов почвы допустимый уровень загрязнения также был превышен: один образец некрозёма и один межмогильной почвы по суммарному показателю имели умеренно опасный уровень загрязнения и один образец межмогильной почвы — опасный уровень загрязнения.

На территориях кладбищ Батайска все могильные и межмогильные почвы имеют допустимый уровень загрязнения, однако на кладбище № 1 (Красный сад) один образец межмогильной почвы (с глубины 0–10 и 10–20 см) по суммарному показателю относится к категории умеренно опасного загрязнения.

Загрязнение межмогильной почвы, образцы которой отобраны недалеко от «старых» могил, обусловлено попаданием в почву краски при ежегодном окрашивании оградок. По той же причине максимальное содержание тяжёлых металлов обнаружено и в трёх образцах некрозёмов могил (давность захоронения 55–58 лет) с металлическими многократно окрашенными гробничками.

По результатам проведённых исследований превышений ОДК, принятых в Российской Федерации, не обнаружено, за исключением двух межмогильных образцов почвы, взятых на территориях Братского и Пролетарского кладбищ (данные межмогильные почвы имеют умеренно опасный уровень загрязнения).

Заключение

Валовой состав почв кладбищ Ростовской агломерации, в целом, имеет типичные для зональных чернозёмов значения. На кладбищах Ростова-на-Дону и Батайска концентрации цинка и хрома в почвах превышают допустимые значения. Это связано с использованием лакокрасочных материалов, имеющих в своём составе тяжёлые металлы, и с применением сплавов металлов, содержащих цинк и хром, для изготовления гробничек и оградок, при разрушении которых со временем в почву попадают загрязнения.

В почвах межмогильных пространств кладбищ Ростова-на-Дону и Батайска преобладают такие тяжёлые металлы, как цинк, медь и свинец. Содержание ванадия, хрома, никеля, кобальта и мышьяка практически не отличается от показателей некрозёмов.

Большинство некрозёмов и межмогильных почв кладбищ Ростовской агломерации относятся к почвам с допустимым уровнем загрязнения, однако в нескольких образцах почв межмогильных пространств суммарный показатель загрязнения превышал допустимые значения в пределах умеренно опасного уровня, а в единичных образцах уровень загрязнения был опасным и чрезвычайно опасным. В трёх образцах некрозёмов суммарный показатель загрязнения превышал допустимое значение и соответствовал умеренно опасному уровню.

Литература

(п.п. 6–8, 15 см. в References)

1. Галицкая И.В., Позднякова И.А., Батрак Г.И., Костикова И.А. Оценка влияния кладбища на загрязнение подземных вод и других компонентов природной среды. *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2014; (6): 495–506.
2. Ушакова О.В. *Научное обоснование гигиенических требований безопасной эксплуатации территорий захоронений*: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: 2009.
3. Ушакова О.В., Водянова М.А., Крыатов И.А. Гигиенические и социальные вопросы оценки почв кладбищ. В кн.: *Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения. Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды*. М.: 2017; 512–4.
4. Сони́на М.В., Дурнев Ю.А. Животный мир иркутских кладбищ: современное состояние и проблемы оптимизации. *Байкальский зоологический журнал*. 2011; (2): 106–11.
5. Лукьянова О.П., Казеев К.Ш., Хачиков Э.А., Колесников С.И. Насекомые-герпетобионты Братского и Еврейско-Татарского кладбищ Ростова-на-Дону. *АгроЭкоИнфо*. 2021; (3): 10. <https://doi.org/10.51419/20213309>
9. Лукьянова О.П., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Влияние возраста захоронений на ферментативную активность почв кладбищ Батайска. *АгроЭкоИнфо*. 2022; (2): 3. <https://doi.org/10.51419/202122209>
10. Майгьер Л., Рахмонов О., Беднарек Р. Особенности почв заброшенных кладбищ северной Польши на песчаных субстратах. *Почвоведение*. 2014; (6): 759. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14060082>
11. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах. *Почвоведение*. 1997; (1): 96–101.
12. Абакумов Е.В., Павлова Т.А., Динкелакер Н.В., Лемякина А.Э. Санитарная оценка почвенного покрова кампуса Санкт-Петербургского государственного университета. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 22–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-22-27>
13. Кузина А.А., Колесников С.И., Минникова Т.В., Неведомая Е.Н., Тер-Мисакянц Т.А., Казеев К.Ш. Подходы к разработке экологических региональных нормативов содержания свинца в почвах Черноморского побережья Кавказа на основе интегрального показателя биологического состояния почвы. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3): 262–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-262-269>
14. Ушакова Е.С., Караваяева Т.И., Пузик А.Ю., Волкова М.А., Белкин П.А. Оценка загрязненности почв детских площадок на территории жилых районов. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(1): 14–20. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-14-20>
16. Алексеев В.Н., Мартынова М.И. *География Ростовской области*. Ростов-на-Дону: Терра; 2005.
17. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Тагивердиев С.С. Влияние города на свойства почв (на примере г. Батайска). *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2011; (3): 12.
18. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. *Почвы Юга России*. Ростов-на-Дону: Эверест; 2008.
19. Снакин В.В. Экологическая оценка состояния почв: Попытка количественного подхода. *Известия РАН. Серия: Биология*. 1995; (1): 105–9.
20. Сизов А.П. *Мониторинг городских земель с элементами их охраны*. М.: 2000.
21. Горбов С.Н., Безуглова О.С. *Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Ростовской агломерации*. Ростов-на-Дону, Таганрог; 2020.
22. Капралова О.А. Изменение биологических свойств почв г. Ростова-на-Дону при загрязнении тяжелыми металлами. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012; (80): 105–14.
23. Козыренко М.И., Кухарчик Т.И. Содержание тяжелых металлов в лакокрасочной продукции и его регулирование. *Природопользование*. 2015; (27): 101–8.
24. Перельгин Ю.П. *Коррозия и защита металлов от коррозии*. Пенза; 2015.
25. Козыренко М.И., Кухарчик Т.И. Загрязнение почв тяжелыми металлами у окрашенных зданий и сооружений. *Природопользование*. 2014; (26): 54–9.

References

1. Galitskaya I.V., Pozdnyakova I.A., Batrak G.I., Kostikova I.A. Assessment of cemetery impact on contamination of groundwater and other environment components. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2014; (6): 495–506. (in Russian)
2. Ushakova O.V. Scientific substantiation of hygienic requirements for the safe operation of burial territories: Diss. Moscow; 2009. (in Russian)
3. Ushakova O.V., Vodyanova M.A., Kryatov I.A. Hygienic and social issues of assessing soils of cemeteries. In: *Ecological Problems of Our Time: Identification and Prevention of the Adverse Impact of Anthropogenically Determined Factors and Climate Change on the Environment and Public Health. Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene [Ekologicheskie problemy sovremennosti: vyuyavlenie i preduprezhdenie neblagopriyatnogo vozdeystviya antropogenno determinirovannykh faktorov i klimaticheskikh izmeneniy na okruzhayushchuyu sredy i zdorov'e naseleniya. Materialy Mezhdunarodnogo Forumna Nauchnogo soveta Rossiyskoy Federatsii po ekologiyi cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy]*. Moscow: 2017; 512–4. (in Russian)
4. Sonina M.V., Durnev Yu.A. Fauna of Irkutsk cemeteries: the current state and optimization problems. *Baykal'skiy zoologicheskii zhurnal*. 2011; (2): 106–11. (in Russian)
5. Luk'yanova O.P., Kazeev K.Sh., Khachikov E.A., Kolesnikov S.I. Insect-herpetobionts of the Bratsk and Jewish-Tatar cemeteries in the Rostov-on-Don. *АгроЭкоИнфо*. 2021; (3): 10. <https://doi.org/10.51419/20213309> (in Russian)
6. Nordh H., Evensen K.H. Qualities and functions ascribed to urban cemeteries across the capital cities of Scandinavia. *Urban For. Urban Gree*. 2018; (33): 80–91.
7. Nowińska R., Czarna A., Kozłowska M. Cemetery types and the biodiversity of vascular plants – A case study from south-eastern Poland. *Urban For. Urban Gree*. 2020; (49): 126599.
8. Majgier L., Rahmonov O. Selected chemical properties of Necrosols from the abandoned cemeteries Shabowo and Szymonka (Great Mazurian Lakes District). *Bull. Geogr. Phys. Geogr. Ser.* 2012; (5): 43–55.
9. Luk'yanova O.P., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Influence of the age of burials on the enzymatic activity of soils of Bataysk cemeteries. *АгроЭкоИнфо*. 2022; (2): 3. <https://doi.org/10.51419/202122209> (in Russian)
10. Maygier L., Rakhmonov O., Bednarek R. Features of soils of abandoned cemeteries in northern Poland on sandy substrates. *Почвоведение*. 2014; (6): 759. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14060082> (in Russian)
11. Stroganova M.N., Myagkova A.D., Prokof'eva T.V. The role of soils in urban ecosystems. *Почвоведение*. 1997; (1): 96–101. (in Russian)
12. Abakumov E.V., Pavlova T.A., Dinkelaker N.V., Lemyakina A.E. Sanitary evaluation of soil cover of the Saint Petersburg state university campus. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 22–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-22-27> (in Russian)
13. Kuzina A.A., Kolesnikov S.I., Minnikova T.V., Nevedomaya E.N., Ter-Misakants T.A., Kazeev K.Sh. Approaches to the development of environmental regional standards for the content of lead in the soils of the Black Sea coast of the Caucasus on the basis of an integral indicator of the biological state of the soil. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 262–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-262-269> (in Russian)
14. Ushakova E.S., Karavaeva T.I., Puzik A.Yu., Volkova M.A., Belkin P.A. Assessment of soil contamination of playgrounds in residential areas. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(1): 14–20. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-14-20> (in Russian)
15. Kolesnikov S., Minnikova T., Kazeev K., Akimenko Y., Evstegneeva N. Assessment of the ecotoxicity of pollution by potentially toxic elements by biological indicators of Haplic Chernozem of Southern Russia (Rostov region). *Water Air Soil Pollut.* 2022; 233(1): 18. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05496-3>
16. Alekseev V.N., Martynova M.I. *Geography of the Rostov Region [Geografiya Rostovskoy oblasti]*. Rostov-na-Donu: Terra; 2005. (in Russian)
17. Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Tagiverdiev S.S. Influence of city on properties of soils (on example of Bataysk). *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*. 2011; (3): 12. (in Russian)
18. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. *Soils of the South of Russia [Pochvy Yuga Rossii]*. Rostov-na-Donu: Everest; 2008. (in Russian)
19. Snakin V.V. Ecological assessment of the state of soils: An attempt at a quantitative approach. *Izvestiya RAN. Seriya: Biologiya*. 1995; (1): 105–9. (in Russian)
20. Sizov A.P. *Monitoring of Urban Lands with Elements of Their Protection [Monitoring gorodskikh zemel' s elementami ikh okhrany]*. Moscow; 2000. (in Russian)
21. Gorbov S.N., Bezuglova O.S. *Heavy Metals and Radionuclides in Soils of the Rostov Agglomeration [Tyazhelye metally i radionuklidy v pochvakh Rostovskoy aglomeratsii]*. Rostov-na-Donu, Taganrog; 2020. (in Russian)
22. Kapralova O.A. Change of biological properties of soils of Rostov-on-Don with heavy metal pollution. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012; (80): 105–14. (in Russian)
23. Kozyrenko M.I., Kukharchik T.I. Heavy metals content in paint and varnish products and its regulation. *Природопользование*. 2015; (27): 101–8. (in Russian)
24. Perelygin Yu.P. *Corrosion and Protection of Metals from Corrosion [Korroziya i zaschita metallov ot korrozii]*. Penza; 2015. (in Russian)
25. Kozyrenko M.I., Kukharchik T.I. Soil contamination with heavy metals near painted buildings and constructions. *Природопользование*. 2014; (26): 54–9. (in Russian)