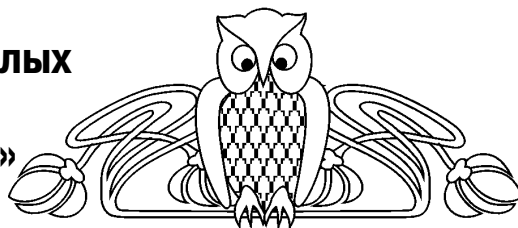




УДК 631.41:614.76

## Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории рекреационной зоны «Парк Победы» (Саратов)



**А. С. Шешнёв, В. Н. Ерёмин, М. В. Решетников, О. В. Теслинова**

Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, [rnmv85@list.ru](mailto:rnmv85@list.ru)

Шешнёв Александр Сергеевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, [sheshnev@inbox.ru](mailto:sheshnev@inbox.ru)

Oksana V. Teslinova, <https://orcid.org/0000-0003-4927-3280>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, [OKST123@yandex.ru](mailto:OKST123@yandex.ru)

Ерёмин Виталий Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, [ereminvit@gmail.com](mailto:ereminvit@gmail.com)

The soil cover in the territory of the large recreational zone «Victory Park», which performs environmental, memorial and educational functions, was studied. According to the analysis results of mobile forms of heavy metals concentrations the assessment of the current sanitary-hygienic and ecologic-geochemical condition of soils was carried out. An excess of the maximum permissible concentrations in most of the samples for nickel, lead, and copper was found.

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИ ЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, [rnmv85@list.ru](mailto:rnmv85@list.ru)

**Keywords:** soil, heavy metals, recreation area, Saratov.

Теслинова Оксана Владимировна, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, [OKST123@yandex.ru](mailto:OKST123@yandex.ru)

Received: 14.06.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>

Исследован почвенный покров на территории крупной рекреационной зоны «Парк Победы», выполняющей природоохранные, мемориальные и просветительские функции. По результатам анализа концентраций подвижных форм тяжелых металлов выполнена оценка современного санитарно-гигиенического и эколого-геохимического состояния почв. Обнаружено превышение предельно допустимых концентраций в большей части проб по никелю, свинцу и меди.

**Ключевые слова:** почва, тяжелые металлы, рекреационная зона, Саратов.

Поступила в редакцию: 14.06.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

### The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of the Recreation Zone «Victory Park» (Saratov)

**A. S. Sheshnev, V. N. Eremin, M. V. Reshetnikov, O. V. Teslinova**

Aleksandr S. Sheshnev, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, [sheshnev@inbox.ru](mailto:sheshnev@inbox.ru)

Vitaliy N. Eremin, <https://orcid.org/0000-0001-5784-6777>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, [ereminvit@gmail.com](mailto:ereminvit@gmail.com)

### Введение

Комплекс «Парк Победы» – крупная (80 га) рекреационная зона в Волжском районе города Саратова, основанная в 1975 г. Музей боевой славы, мемориальные комплексы, этнологический музейный комплекс «Национальная деревня», несколько смотровых площадок с панорамными видами, благоустроенные аллеи и зеленые насаждения – важные элементы для развития рекреационной деятельности.

До начала XX века Соколовая гора представляла собой территорию, покрытую степным разнотравьем и практически лишенную древесной растительности. С 1910-х гг. началось искусственное облесение. В настоящее время на территории парка, имеющего близкую к естественной природной среде планировку, насчитывается 66 видов древесных и кустарниковых пород, в том числе 40 видов деревьев и 26 видов кустарников [1]. Привлекательности территории парка, помимо архитектурных форм, способствует рельеф местности. Парк расположен на узком водораздельном пространстве Соколовой горы (максимальная высота 165,3 м) между водосборными бассейнами крупных Глубучева и Маханного оврагов. Соколовая гора круто обрывается на юг и юго-восток с видом на Волгоградское водохранилище.

Соколовая гора располагается в пределах Соколовогорского поднятия – асимметричной текто-

нической складки, имеющей на современном этапе высокую активность восходящих движений [2], что провоцирует развитие экзогенных процессов. В условиях высокой эрозионной расчлененности для создания парка осуществлялась планировка рельефа с расширением платообразной части. Во второй половине 1960-х гг. при проведении противооползневых работ была срезана вершина Соколовой горы в объеме до 700 тыс. м<sup>3</sup>, что позволило устранить условия образования обвалов и осыпей оползневого уступа, ликвидировать зоны развития опасных оползней-потоков, улучшить условия общей устойчивости склона. В результате уменьшения нагрузки снизилась вероятность образования новых крупных оползней выдавливания [3].

Почвы парка в точках опробования представляют собой культуроземы и урбаноземы. Несмотря на удаленность от крупных автомагистралей и промышленных предприятий, территория испытывает определенное техногенное воздействие. В долине и на склонах Маханного оврага располагаются инженерные сооружения по добыче и транспортировке углеводородного сырья, в его верховье много лет проводилось несанкционированное складирование отходов, отмечалось частое их возгорание.

Исследование структуры и динамики техногенных геохимических полей на территории Саратова в течение 1990–2000-х гг. показало, что водораздельные пространства Соколовой горы в целом относительно благополучны в части загрязнения подвижными формами тяжелых металлов [4, 5]. Лишь содержание цинка возрастает вниз по склону, превышая фоновые значения, но находясь в рамках ПДК. Вместе с тем выявлено превышение нормативного содержания нефтепродуктов до 3–10 раз, возрастающее к нижним частям склонов и при приближении к инфраструктурным объектам Соколовгородского нефтяного месторождения [5].

С целью выявления структуры современного геохимического поля важной рекреационной зоны «Парк Победы» выполнен ряд эколого-геохимических исследований, направленных на определение подвижных форм тяжелых металлов, доступных для поглощения растениями и потому экологически наиболее опасных.

### Методы исследования

Для выявления общей структуры геохимического поля на территории «Парка Победы» отобрано 20 почвенных проб (рисунок), в которых определены концентрации подвижных форм тяжелых металлов (Zn, Ni, Cu, Cr, Cd, Pb). Избирательно для 7 проб определено содержание нефтепродуктов.

Геоэкологическое опробование почв проведено методом «конверта» с площадок 5×5 м с глубин 0–20 см в соответствии со стандартом [6]. Аналитическое исследование концентрации подвижных

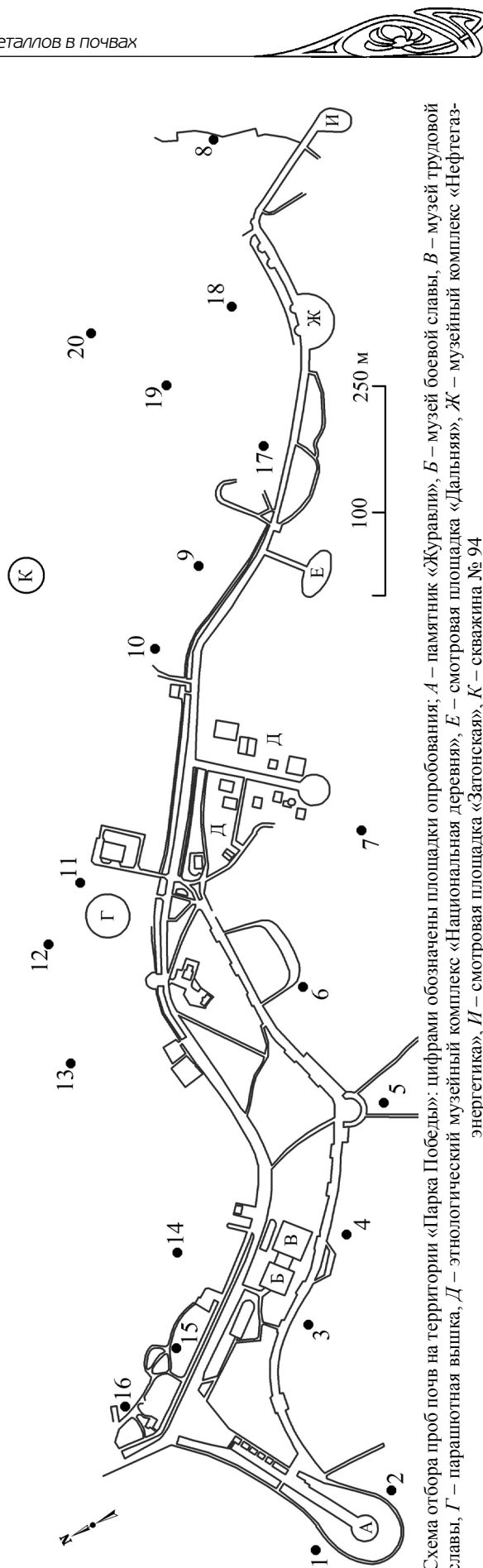


Схема отбора проб почв на территории «Парка Победы»: цифрами обозначены площадки опробования; А – памятник «Журавли», Б – музей боевой славы, В – музей трудовой славы, Г – парашютная вышка, Д – этнологический музейный комплекс «Национальная деревня», Е – смотровая площадка «Дальняя», Ж – музейный комплекс «Нефтегаз-энергетика», И – смотровая площадка «Затонская», К – скважина № 94



форм тяжелых металлов выполнено на спектрофотометре «Квант-2АТ» методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной атомизацией. Подвижные формы извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буфером с pH = 4,8. Нефтепродукты определены гравиметрическим методом.

Поэлементная эколого-гигиеническая оценка степени химического загрязнения почв по содержанию подвижных форм тяжелых металлов выполнена согласно санитарно-эпидемиологическим требованиям к качеству почвы [7] через коэффициент опасности (K<sub>о</sub>):

$$K_o = C / \text{ПДК},$$

где C – фактическое содержание, ПДК – установленная предельно допустимая концентрация.

Данными требованиями к почвам для неорганических веществ I (Cd, Pb, Zn) и II (Cr, Cu, Ni) классов опасности выделяются следующие категории загрязнения: допустимая – содержание вещества менее предельно допустимой концентрации (ПДК), опасная – от ПДК до K<sub>мах</sub>, чрезвычайно опасная – выше K<sub>мах</sub>. ПДК приняты в соответствии с действующими нормативами [8]. K<sub>мах</sub> – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности [9].

Оценка трансформации геохимического поля по подвижным формам тяжелых металлов выполнена относительно естественного фонового содержания, установленного в окрестностях Саратова на полигоне, близком по рельефу, особенностям геологического строения и составу почв [10]. Фоновое содержание определено в результате исследования, проведенного в 1990-х – начале 2000-х гг., и служит надежной методической основой для эколого-геохимического изучения почв. Важно, что фон определен атомно-абсорбционным анализом, примененным и в рамках настоящего исследования. Коэффициент концентрации (K<sub>с</sub>) рассчитывался по формуле

$$K_c = C / C_f,$$

где C – фактическое содержание, C<sub>ф</sub> – фоновое содержание.

В методических рекомендациях [11] установлены следующие уровни загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами (в мг/кг): <1000 – допустимый, 1000–2000 – низкий, 2000–3000 – средний, 3000–5000 – высокий, >5000 – очень высокий.

## Результаты исследования

Результаты аналитического лабораторного исследования проб почв приведены в табл. 1.

### *Гигиеническая оценка загрязнения почв химическими веществами*

Концентрации хрома и кадмия повсеместно находятся на допустимом уровне. Содержание

цинка в 30% проб имеет опасную категорию загрязнения (70% – допустимая). Концентрация свинца и меди по 70% проб относится к опасной категории загрязнения и 30% – к допустимой. Наибольшее число проб загрязнено никелем: 80% – опасная, 20% – допустимая категория загрязнения. Содержание нефтепродуктов в почве находится на допустимом уровне; низкий уровень загрязнения зафиксирован по единственной площадке опробования № 9.

Не выявлены территории с чрезвычайно опасным загрязнением почв подвижными формами тяжелых металлов. Наиболее загрязнены в опасной степени почвы по площадкам опробования № 1, 3, 4, 10, 16, где по четырем из шести показателей обнаружено превышение ПДК. По трем показателям загрязнены почвы на площадках № 2, 6, 12, 13, 15, 18–20. Площадные аномалии приурочены к западной части территории парка, наиболее освоенной и находящейся в зоне воздействия источников загрязнения, в частности к вышеупомянутой несанкционированной большой свалке твердых коммунальных и строительных отходов. Генезис загрязнения на площадках опробования № 18–20 в восточной части территории требует дополнительного исследования.

### *Геохимическая оценка уровня загрязнения почв*

Результаты расчета коэффициентов концентрации представлены в табл. 2. Оценка трансформации геохимического поля выполнена поэлементно.

*Цинк.* На уровне до трех фоновых значений отмечен в одной пробе. K<sub>с</sub> в интервале 3–10 обнаружен в 40% проб, 10–30 – в 25%, более 30 – в 30%.

*Никель.* Наибольшее количество проб (60%) имеет K<sub>с</sub> в интервале 3–10, в 30% проб K<sub>с</sub> составляет 20–30. В одной пробе K<sub>с</sub> меньше 1, еще в одной – в интервале 1–3.

*Медь.* K<sub>с</sub> в интервале 3–10 имеют 80% проб, в пределах 10–30 – 10%. По одной пробе K<sub>с</sub> меньше фона, еще по одной – в интервале 1–3.

*Кадмий.* Меньше фона содержание в 35% проб. K<sub>с</sub> на уровне 1–3 в 25% проб, на уровне 3–10 – 40%.

*Свинец.* В одной пробе K<sub>с</sub> меньше 1, еще в одной – в интервале 1–3. K<sub>с</sub> на уровне 3–10 обнаружен в 45% проб, 10–30 – 40%. В одной пробе K<sub>с</sub> выше 30.

Для выявления возможных парагенетических ассоциаций проведен корреляционный анализ средствами Microsoft Excel, результаты которого представлены в табл. 3.

На территории «Парка Победы» отдельные соединения подвижных форм тяжелых металлов образуют парагенетические ассоциации со значимыми коэффициентами корреляции. При уровне значимости 1% ( $r = 0,01$ ) критическое достоверное значение составляет 0,57. Суммарно достоверные корреляции между элементами, в



Таблица 1

## Содержание подвижных форм тяжелых металлов и нефтепродуктов, мг/кг

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	Pb	Нефтепродукты
1	<b>110,39*</b>	<b>8,83</b>	<b>6,15</b>	3,41	0,18	<b>11,11</b>	–
2	<b>49,05</b>	<b>5,02</b>	<b>4,04</b>	1,94	0,07	5,15	908
3	<b>102,53</b>	<b>11,50</b>	<b>6,05</b>	3,73	0,18	<b>7,57</b>	–
4	<b>107,91</b>	<b>5,82</b>	<b>4,49</b>	2,23	0,35	<b>49,51</b>	–
5	5,61	<b>7,16</b>	1,97	2,48	0,03	2,66	–
6	15,80	<b>5,44</b>	<b>3,90</b>	1,87	0,20	<b>8,34</b>	–
7	2,51	0,53	0,40	Н.о.**	Н.о.	0,66	272
8	17,04	<b>7,35</b>	<b>8,16</b>	3,58	0,03	4,72	244
9	10,65	<b>4,82</b>	2,87	3,09	Н.о.	2,26	1718
10	<b>127,01</b>	<b>5,72</b>	<b>8,31</b>	2,52	0,12	<b>14,83</b>	–
11	6,49	3,83	2,95	2,87	0,04	<b>6,38</b>	–
12	10,59	<b>6,08</b>	<b>4,01</b>	2,47	0,17	<b>6,23</b>	588
13	12,47	<b>5,19</b>	<b>3,42</b>	2,70	0,17	<b>10,12</b>	–
14	5,55	3,62	2,83	2,71	0,03	<b>6,93</b>	–
15	13,11	<b>7,14</b>	<b>3,77</b>	2,55	0,11	<b>6,78</b>	–
16	<b>102,41</b>	<b>7,83</b>	<b>5,53</b>	3,06	0,20	<b>11,62</b>	492
17	5,46	1,52	1,65	1,67	0,03	3,19	–
18	9,21	<b>4,09</b>	<b>4,75</b>	2,92	0,09	<b>7,84</b>	322
19	16,36	<b>6,04</b>	<b>4,99</b>	2,59	0,16	<b>8,97</b>	–
20	10,88	<b>6,27</b>	<b>4,2</b>	2,69	0,07	<b>8,06</b>	–
ПДК	23	4	3	6	0,5–1***	6	1000****
Кmax	200	14	72	6	–	–	–
Фон	1,2	0,65	0,64	–	0,048	0,765	–

Примечание. \*Жирным шрифтом выделены пробы с концентрациями опасной степени загрязнения относительно ПДК; \*\*не определен, концентрация ниже порога чувствительности прибора; \*\*\*норматив ПДК для подвижных форм кадмия не установлен. Приводится осредненное значение по литературным источникам; \*\*\*\*допустимое содержание нефтепродуктов в почве.

Таблица 2

## Коэффициенты концентрации химических элементов

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cd	Pb
1	92	13,6	9,6	3,8	14,5
2	40,9	7,7	6,3	1,5	6,7
3	85,4	17,7	9,5	3,8	9,9
4	89,9	9	7	7,3	64,7
5	4,7	11	3,1	0,6	3,5
6	13,2	8,4	6,1	4,2	10,9
7	2,1	0,8	0,6	–	0,9
8	14,2	11,3	12,8	0,6	6,2
9	8,9	7,4	4,5	–	2,95
10	105,8	8,8	13	2,5	19,4
11	5,4	5,9	4,6	0,8	8,3
12	8,8	9,4	6,3	3,5	8,1
13	10,4	8	5,3	3,5	13,2
14	4,6	5,6	4,4	0,6	9,1
15	10,9	11	5,9	2,3	8,9



Окончание табл. 2

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cd	Pb
16	85,3	12	8,6	4,2	15,2
17	4,6	2,3	2,6	0,6	4,2
18	7,7	6,3	7,4	1,9	10,2
19	13,6	9,3	7,8	3,3	11,7
20	9,1	9,6	6,6	1,5	10,5

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между подвижными формами тяжелых металлов

Металл	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	Pb
<b>Zn</b>	<b>1,00</b>	<b>0,55</b>	<b>0,64</b>	0,31	<b>0,62</b>	<b>0,57</b>
<b>Ni</b>	–	<b>1,00</b>	<b>0,65</b>	<b>0,75</b>	0,47	0,16
<b>Cu</b>	–	–	<b>1,00</b>	<b>0,65</b>	0,38	0,26
<b>Cr</b>	–	–	–	<b>1,00</b>	0,18	0,06
<b>Cd</b>	–	–	–	–	<b>1,00</b>	<b>0,78</b>
<b>Pb</b>	–	–	–	–	–	<b>1,00</b>

Примечание. \* $n = 20$ ,  $p = 0,01$ ,  $r = 0,57$ . Жирным шрифтом выделены достоверные корреляции.

разном их сочетании, устанавливаются для всех элементов, образуя восемь корреляционных пар (см. табл. 3). Исследуемые элементы не имеют единого минералогического генезиса, не унаследованы от материнских пород и, вероятно, поступали с техногенными выбросами путем атмосферной миграции.

Геохимические ряды для подвижных форм тяжелых металлов на территории «Парка Победы» и по средней концентрации, и по превышению нормативных показателей имеют одинаковый вид:  $Zn > Pb > Ni > Cu > Cr > Cd$ .

## Выводы

«Парк Победы» – одна из крупнейших рекреационных зон Саратова, занимающая преимущественно водораздельные участки Соколовогорского массива и выполняющая, в частности, природоохранные, мемориальные и просветительские функции. В рамках исследования проанализировано содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове, что составляет важную часть общей геоэкологической оценки территории.

Большая часть проб почв на территории «Парка Победы» опасно загрязнена никелем, свинцом и медью, что характерно для отдельных рекреационных зон Саратова [12]. По ряду площадок отмечены повышенные концентрации цинка. Содержание хрома и кадмия повсеместно допустимое. Не обнаружено существенного негативного воздействия нефтепромысла на качество почв: лишь одна проба имеет низкое загрязнение нефтепродуктами.

Причиной загрязнения почв, вероятно, является перенос тяжелых металлов воздушным путем от

выбросов автотранспорта, промышленных источников и продуктов многолетнего горения от свалки, расположенной в верховье Маханного оврага. Возможно локальное загрязнение культуроземов при внесении грунтов ненадлежащего качества.

Пространственное распределение поэлементного загрязнения почв имеет очаговый характер, типичный для городских территорий, находящихся вне зоны воздействия крупных промышленных объектов.

В целях улучшения экологического состояния почв рекомендуется при модернизации парка осуществить замену культуроземов в западной, наиболее освоенной части рекреационной зоны.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (№ МК-3355.2019.5).*

## Библиографический список

1. Саратов : комплексный геоэкологический анализ / под ред. А. В. Иванова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2003. 248 с.
2. Токарский А. О., Токарский О. Г., Ваньшин Ю. В. Изучение неотектонической трещиноватости в связи с обоснованием экологической безопасности Соколовогорского полигона захоронения промстоков // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 95–99.
3. Шешинев А. С. Факторы развития и современная динамика Затонского оползня (г. Саратов) // Разведка и охрана недр. 2017. № 4. С. 49–53.
4. Макаров В. З., Молостовский Э. А., Новаковский Б. А., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2. С. 3–13.



5. Решетников М. В. Магнитная индикация почв городских территорий (на примере г. Саратова). Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2011. 152 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Издательство стандартов, 1985. 12 с.
7. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 19 с.
8. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
9. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М. : Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
10. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах города Саратова и природоохранные решения / редкол.: С. П. Балашова [и др.]. Саратов : Научная книга, 2001. 56 с.
11. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сборник нормативных актов. Вып. 2. Охрана почв. М. : РЭФИА, 1996. С. 174–198.
12. Прокофьева Е. В., Ерёмин В. Н., Решетников М. В., Шешнёв А. С. Тяжелые металлы в почвах на территории памятника природы «Городской парк культуры и отдыха города Саратова» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 1. С. 34–38.

---

**Образец для цитирования:**

Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Решетников М. В., Теслинова О. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории рекреационной зоны «Парк Победы» (Саратов) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 256–261. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>

**Cite this article as:**

Sheshnev A. S., Eremin V. N., Reshetnikov M. V., Teslinova O. V. The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of the Recreation Zone «Victory Park» (Saratov). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 256–261 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>

---