

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-88-104

УДК 504.064.2+631.413/.423.5/.437.31

А.Г. Космачева¹, А.А. Марцев^{1, 2}, А.О. Ростунов¹

¹ Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
600000 г. Владимир, Российская Федерация

² Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова,
119048 г. Москва, Российская Федерация

Оценка засоления почв малого города с литейным производством (на примере города Меленки Владимирской области)

Целью данного исследования являлось определение засоления почв города Меленки Владимирской области как типичного малого города с развитым литейным производством. Содержание ионов устанавливали методом капиллярного электрофореза. Выявлено, что преобладающим катионом в почвах является кальций, среди анионов преобладают нитраты. Превышение значений ПДК по содержанию анионов не выявлено. Почва, отобранная вблизи металлургического предприятия «Литмаш-М», наиболее загрязнена фосфат- и сульфат-ионами, что может быть обусловлено выбросами производства. Проба, отобранная в транспортной зоне, характеризуется максимальными концентрациями катионов калия и натрия, вероятно, поступающими в составе противогололедных реагентов, а также нитрат- и фосфат-анионами, что связано с автотранспортной эмиссией. Почвы, характеризующиеся максимальными значениями удельной электропроводности, не представляют опасности для вегетации городских насаждений в связи с преобладанием ионов кальция и магния, являющихся необходимыми микроэлементами для растений. Исследование демонстрирует, что несмотря на техногенную нагрузку вследствие воздействия литейного

© Космачева А.Г., Марцев А.А., Ростунов А.О., 2025

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



производства, почвы города Меленки характеризуются невысоким засолением, не представляющим опасности для вегетации городских насаждений.

Ключевые слова: городские почвы, катионно-анионный состав почв, засоление почв

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Космачева А.Г., Марцев А.А., Ростунов А.О. Оценка засоления почв малого города с литейным производством (на примере города Меленки Владимирской области) // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 1. С. 88–104. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-88-104

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-88-104

A.G. Kosmacheva¹, A.A. Martsev^{1, 2}, A.O. Rostunov¹

¹ Vladimir State University,
Vladimir, 600000, Russian Federation

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Moscow, 119048, Russian Federation

Assessment of soil salinity in a small town with a foundry (on the example of the town of Melenki in Vladimir region)

The research objective was to assess the salinity of soils of the town of Melenki, Vladimir region, as a typical small city with a developed foundry. The ion content was determined by capillary electrophoresis. It was revealed that calcium is the predominant cation in soils, nitrates predominate among the anions. The excess of the maximum permissible concentration values in terms of anion content was not revealed. The soil sampled near the «Litmash-M» metallurgical enterprise is most polluted with phosphate and sulfate ions, which may be due to production emissions. The sample taken in the transport zone is characterized by maximum concentrations of potassium and sodium cations, probably coming as part of deicing reagents, as well as nitrate and phosphate anions, which is associated with motor vehicle emissions. Soils characterized by maximum values of specific electrical conductivity do not pose any danger to the vegetation of urban plantations due to the predominance

of calcium and magnesium ions, which are essential trace elements for plants. The study demonstrates that despite the anthropogenic load due to the impact of the foundry, the soils of the town of Melenki are characterized by low salinity, which does not pose a danger to the vegetation of urban plantations.

Key words: urban soils, cationic-anionic composition of soils, soil salinization

FOR CITATION: Kosmacheva A.G., Martsev A.A., Rostunov A.O. Assessment of soil salinity in a small town with a foundry (on the example of the town of Melenki in Vladimir region). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 1. Pp. 88–104. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-88-104

Введение

Засоление почвы является показателем количества растворенных в ней минеральных солей. В большинстве случаев в почвенно-водной вытяжке содержатся следующие минеральные ионы, перечисленные в порядке убывания важности: Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , NO_3^- [Artiola et al., 2019]. К первичным факторам засоления относится участие материнских пород. К вторичным – деятельность человека и естественные причины, такие как рельеф местности, количество осадков, продолжительность снежного периода. Антропогенными источниками поступления водорастворимых солей являются сточные воды, бытовые и промышленные отходы, противогололедные смеси, а также выбросы промышленных предприятий, попадающие в почву с атмосферными осадками [Artiola et al., 2019; Манжина, 2021].

В первую очередь проблема засоления затрагивает сельскохозяйственные почвы [Butcher et al., 2016]. Однако исследования почв урбанизированных территорий также демонстрируют накопление растворенных минеральных солей [Распределение..., 2011; Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Избыточная концентрация солей способствует снижению гидравлической проводимости и увеличению поверхностного стока, эрозии и анаэробизации почв [Shannon et al., 2020]. Повышенная засоленность оказывает воздействие на структуру почвы, движение воды, разнообразие микроорганизмов и растений. В глобальном масштабе засоленные почвы занимают 952,2 млн га, что составляет почти 7% от общей площади суши [Artiola et al., 2019].

Для восстановления засоленных почв и поддержания оптимального солевого баланса необходимо определить причины, тип и степень засоления. Оценка степени засоленности почв осуществляется определением содержания минеральных солей в почве, а также с помощью измерения удельной электропроводности [Artiola et al., 2019; Манжина, 2021].

К настоящему времени опубликован ряд отечественных и зарубежных исследований по катионно-анионному составу почв малых городов [Распределение..., 2011; Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

По городу Меленки Владимирской области проведено исследование загрязнения почвы тяжелыми металлами и мышьяком [Оценка..., 2024]. Установлено, что проба, отобранная на территории, прилегающей к металлургическому предприятию «Литмаш-М», характеризуется высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами. Высокие концентрации солей в почвах могут привести к мобилизации потенциально токсичных тяжелых металлов, способных к биоаккумуляции в пищевых цепях, таким образом, определение засоления почв данного города является актуальным.

Цель данного исследования – определение засоления почв г. Меленки Владимирской области как типичного малого города с литейным производством.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись почвы города Меленки (55°20'N 41°38'E). Город расположен в зоне дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, является административным центром Меленковского района Владимирской области, общая площадь составляет 10,86 км², численность населения 12 902 человек на 1 января 2023 г.¹

Карта с точками отбора проб почвы в г. Меленки показана на рис. 1. В качестве геохимического фона выбрана точка № 1, расположенная в лесу к юго-востоку от города. Ландшафтно-рекреационная зона представлена точками № 2 – в юго-восточной части города вблизи леса, № 10 – в северо-западной части около Приклонского парка. Проба № 3 отобрана в пойме р. Унжа. Промышленная зона представлена образцами: № 4 (близы ООО «Хлебозавод «Меленковский»), № 5 (ООО «Жаннет»), № 6 (ООО «Литмаш-М»), № 7 (ООО «Меленковский консервный завод»). К селитебной зоне относятся точки: № 8 в юго-западной части города, № 9 в зоне жилой застройки юго-восточной части, № 12 в западной части. Транспортная зона представлена образцом № 11.

Отбор почвенных проб осуществляли в августе 2023 г. в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–2017 на глубине 0–10 см.

¹ Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2023 года. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 05.08.2024).

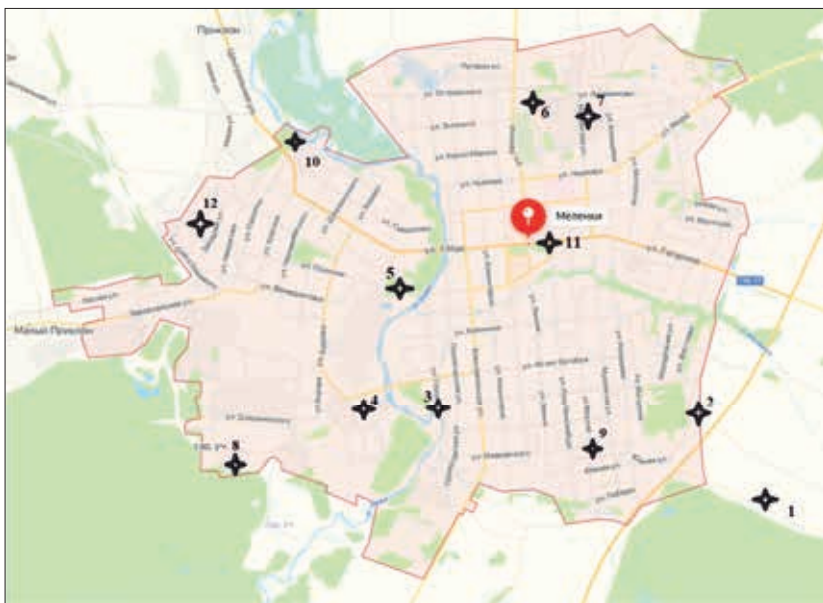


Рис. 1. Карта города Меленки

Цифрами обозначены точки отбора проб

Fig. 1. Map of the town of Melenki

The numbers indicate sampling points

Для статистической обработки результатов полученные данные анализировали с использованием программы Statistica 7.0. Проведен корреляционный анализ зависимости показателя удельной электрической проводимости от концентрации ионов в почве ($p < 0,05$), рассчитан коэффициент корреляции Спирмена. В качестве погрешности указаны значения стандартной ошибки среднего.

Удельную электрическую проводимость водной вытяжки почвенных образцов определяли согласно ГОСТ 26423–85² кондуктометром марки Mettler Toledo Seven Compact S230. Содержание ионов устанавливали методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-205» согласно

² ГОСТ 26423–85 «Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки». М., 1986.

ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69–10³ для определения анионов и ПНД Ф 16.1:2.2.2:2.3.74–2012⁴ для определения катионов.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) приведены согласно СанПиН 1.2.3685–21⁵.

Результаты и обсуждение

Содержание катионов в исследуемых почвах представлены в табл. 1.

В исследуемых почвах преобладают катионы кальция, что соответствует литературным данным [Распределение..., 2011; Экологическое состояние..., 2015; Комплексный подход..., 2023; Осина, Арляпов, Горелова, 2023; Оценка засоления..., 2023]. Диапазон содержания составляет 0–368,2 мг/кг. Максимальные концентрации выявлены в пойменной почве из точки № 3. Минимальное содержание установлено в фоновой точке № 1. Также низкие концентрации кальция установлены в пробе № 2 ландшафтно-рекреационной зоны вблизи леса в юго-восточной части города недалеко от фоновой точки № 1. Кальций необходим для метаболизма растений, способствует формированию почвенных коллоидов и может препятствовать образованию соды, что оказывает благоприятное влияние на свойства почв [Экологическое состояние..., 2015; Манжина, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023; Dou et al., 2023]. Однако для городских почв повышенное содержание карбоната кальция может являться фактором риска ослабления грунта, образования трещин и осадки зданий [Al-Mamoori et al., 2019].

Калий является вторым по содержанию катионом в исследуемых почвах, что соответствует литературным данным [Комплексный подход..., 2023]. Диапазон его содержания составляет 11,89–195,2 мг/кг. Максимальная концентрация выявлена в пробе № 11 транспортной зоны, минимальная – в образце № 2 ландшафтно-рекреационной зоны. Высокое содержание данного иона в почвах близи автомобильной дороги, вероятно, связано с поступлением в составе противогололедных

³ ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69–10 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли водорастворимых форм хлорид-, сульфат-, оксалат-, нитрат-, фторид-, формиат-, фосфат-, ацетат-ионов в почвах, грунтах тепличных, глинах, торфе, осадках сточных вод, активном иле, донных отложениях методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». М., 2010.

⁴ ПНД Ф 16.1:2.2.2:2.3.74–2012 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли водорастворимых форм аммония, калия, натрия, магния, кальция в почвах, грунтах, глине, торфе, осадках сточных вод, донных отложениях методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». М., 2012.

⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021.

Таблица 1

Содержание катионов, мг/кг почвы
[Cation content, mg/kg of soil]

Образец почвенной пробы [Soil sample]	NH_4^+	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Фон [Background]					
1	0,75	27,38	9,19	11,67	0
Ландшафтно-рекреационная зона [Landscape and recreational area]					
2	0	11,89	4,11	3,47	13,76
10	30,7	34,27	4,80	6,04	39,13
Пойменная почва [Alluvial soil]					
3	10,37	50,1	19,5	43,08	368,2
Промышленная зона [Industrial area]					
4	20,25	29,92	11,31	31,52	224,3
5	0	51,7	13,77	38,08	315,7
6	0	26,08	17,06	18,76	277,9
7	7,84	36,57	6,99	19,74	79,2

<i>Селитебная зона [Residential area]</i>					
8	22,77	20,12	4,91	4,67	21,85
9	7,56	54,0	9,73	31,21	197,65
12	34,10	91,0	18,98	12,92	49,03
<i>Транспортная зона [Transport area]</i>					
11	17,46	195,2	106,1	13,41	89,3

Примечание. Предельно-допустимые концентрации катионов в почве не регламентируются нормативными документами.
[Note. Maximum permissible concentrations of cations in soil are not regulated by regulatory documents of the Russian Federation.]

реагентов [Распределение..., 2011; Герасимов, Чугунова, Поляк, 2019]. Несмотря на то, что калий необходим для почвенного плодородия, его значительное повышение способствует дисбалансу в концентрации солей почвенного раствора [Герасимов, Чугунова, Поляк, 2019; Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Содержание катионов натрия варьирует в диапазоне 4,11–106,1 мг/кг. Максимальная концентрация выявлена в точке № 11, расположенной в транспортной зоне, что, вероятно, связано с поступлением в составе противогололедных реагентов [Распределение..., 2011; Герасимов, Чугунова, Поляк, 2019; Shannon et al., 2020]. Повышение концентрации данных ионов вблизи автомобильных дорог также было установлено при исследовании катионно-анионного состава почв г. Гусь-Хрустального Владимирской области [Оценка засоления..., 2023], ряда малых городов Тульской области [Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023] и Республики Беларусь [Распределение..., 2011]. Избыток натрия в почве приводит к вытеснению ионов кальция и магния, способствуя снижению поглотительной способности почв и усилению процессов осолонцевания [Butcher et al., 2016; Artiola et al., 2019; Shannon et al., 2020; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Натрий оказывает наиболее негативное влияние на рост и развитие растений по сравнению с другими катионами из-за его способности вытеснять ионы кальция из клеточных стенок мембран растений, что вызывает денатурацию и дестабилизацию белка. Также повышенное содержание катионов натрия приводит к пептизации почвенных коллоидов, изменяя механический состав почв в сторону увеличения илистой фракции [Butcher et al., 2016].

Диапазон содержания магния составляет 3,47–43,08 мг/кг. Максимальная концентрация установлена в пробе № 3 – почвы, отобранной в пойме р. Унжа. Минимальная концентрация выявлена в точке № 2 ландшафтно-рекреационной зоны. Магний является распространенным катионом в городских почвах [Распределение..., 2011; Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023; Оценка засоления..., 2023]. Данные концентрации магния не вызывают опасений в связи с тем, что магний является важным макроэлементом для жизнедеятельности растений [Butcher et al., 2016; Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Содержание ионов аммония варьирует в диапазоне 0–34,10 мг/кг, максимальная концентрация выявлена в пробе № 12 селитебной зоны западной части города. Минимальные концентрации установлены в пробе № 2 ландшафтно-рекреационной зоны, в точках № 5 и 6 промышленной

зоны. Фоновая проба № 1 также характеризуется низким содержанием ионов аммония (0,75 мг/кг). Подобное варьирование концентраций данного катиона совпадает с литературными данными [Комплексный подход..., 2023; Осина, Арляпов, Горелова, 2023; Оценка засоления..., 2023]. В связи с тем, что ион аммония необходим для обмена веществ растений [Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023], его отсутствие и крайне низкие концентрации могут способствовать ухудшению вегетации зеленых насаждений.

Полученные результаты содержания анионов в исследуемых почвах представлены в табл. 2.

Преобладающими анионами в исследованных образцах почв являются нитраты, их концентрации варьируются в диапазоне 12,85–67,3 мг/кг, не превышая ПДК. Преобладание нитрат-анионов в почвах города Меленки связано с высоким фоновым содержанием, составляющим 43,55 мг/кг. Максимальная концентрация установлена в точке № 11 транспортной зоны, что, вероятно, связано с автотранспортной эмиссией. Избыток данных ионов в почве может привести к поступлению в подземные и грунтовые воды, накоплению в растениях, образованию токсичных нитрозопроизводных [Экологическое состояние..., 2015; Герасимов, Чугунова, Поляк, 2019].

Содержание фосфатов составляет 1,23–77,0 мг/кг, не превышая ПДК. Максимальная концентрация установлена в точке № 11 транспортной зоны. Кроме того, повышенная концентрация выявлена в точке № 6 промышленной зоны, что может быть связано с выбросами литейного производства [Экологическое состояние..., 2015; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Избыток фосфатов способен привести к изменению химических свойств почв, нарушению структуры микробиома и ухудшению продуктивности растений.

Содержание сульфатов колеблется в диапазоне 0–53,05 мг/кг, не превышая ПДК. Максимальные концентрации установлены в точке № 6 промышленной зоны вблизи ООО «Литмаш-М», что может быть связано с выбросами предприятия [Распределение..., 2011]. Минимальные концентрации выявлены в пробах № 8 и 9 селитебной зоны. Низкие содержания данного аниона также могут оказывать негативное воздействие на растения в связи с тем, что сульфат является макроэлементом, необходимым для синтеза аминокислот цистеина и метионина [Butcher et al., 2016].

Содержание фторидов составляет 0–4,68 мг/кг, не превышая ПДК. Низкое содержание данных анионов соответствует литературным данным и также отмечено в урбанизированных почвах г. Гусь-Хрустального

Таблица 2

Содержание анионов, мг/кг почвы
[Anion content, mg/kg of soil]

Образец почвенной пробы [Soil sample]	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻
<i>Фон [Background]</i>					
1	0	4,14	43,55	0	1,56
<i>Ландшафтно-рекреационная зона [Landscape and recreational area]</i>					
2	0	3,47	16,73	4,08	3,2
10	0	4,21	19,10	0	18,0
<i>Пойменная почва [Alluvial soil]</i>					
3	0	4,45	24,85	0,71	1,27
<i>Промышленная зона [Industrial area]</i>					
4	0	1,92	16,14	0	1,56
5	0	9,75	12,85	4,68	3,2
6	0	53,05	16,32	1,48	40,35
7	0	5,30	26,23	0	1,43

<i>Селитебная зона [Residential area]</i>					
8	0	0	33,10	0	9,5
9	0	1,02	56,35	2,01	1,23
12	0	23,82	45,12	1,16	13,90
<i>Транспортная зона [Transport area]</i>					
11	0	30,12	67,3	3,49	77,0

Примечание. ПДК: NO_3^- – 130 мг/кг, F^- – 10 мг/кг, PO_4^{3-} – 200 мг/кг.

[Note. Maximum permissible concentrations: NO_3^- – 130 mg/kg, F^- – 10 mg/kg, PO_4^{3-} – 200 mg/kg.]

Владимирской области [Оценка засоления..., 2023] и городов Тульской области [Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Максимальная концентрация установлена в пробе № 5 промышленной зоны.

В исследуемых образцах почв г. Меленки хлорид-ионов не выявлено.

Удельная электрическая проводимость обусловлена ионами, образующимися при диссоциации электролитов и также является мерой засоления почвы. Результаты измерения удельной электропроводности водных вытяжек исследуемых почв представлены в табл. 3.

Таблица 3

Удельная электропроводность почвенной вытяжки
[Specific electrical conductivity]

Образец почвенной пробы [Soil sample]	Удельная электропроводность, мкСм/см [Specific electrical conductivity, $\mu\text{S/cm}$]
Фон [Background]	
1	31,6
Ландшафтно-рекреационная зона [Landscape and recreational area]	
2	3,6
10	59,5
Пойменная почва [Alluvial soil]	
3	178,8
Промышленная зона [Industrial area]	
4	122,1
5	172,8
6	140,1
7	70,8
Селитебная зона [Residential area]	
8	18,1
9	90,8
12	24,5
Транспортная зона [Transport area]	
11	93,06

Величина удельной электропроводности водных вытяжек почв города Меленки варьирует в диапазоне 3,6–178,8 мкСм/см. Минимальное значение установлено в точке № 2 рекреационной зоны, максимальное выявлено в пробе № 3 пойменной почвы и № 5 промышленной зоны. Установлена положительная корреляционная зависимость удельной электропроводности от концентрации катионов Ca^{2+} ($r = 0,9371$; $p = 0,000$), Mg^{2+} ($r = 0,8951$; $p = 0,000$), Na^+ ($r = 0,6643$; $p = 0,018$) и отсутствие зависимости от катионов K^+ ($r = 0,3846$; $p = 0,217$), NH_4^+ ($r = -0,2535$; $p = 0,4266$) и анионов SO_4^{2-} ($r = 0,4126$; $p = 0,2652$), NO_3^- ($r = -0,3497$; $p = 0,265$), F^- ($r = 0,2175$; $p = 0,497$), PO_4^{3-} ($r = -0,1579$; $p = 0,624$) и Cl^- в связи с его отсутствием в исследуемых образцах. Таким образом, на величину электрической проводимости почв г. Меленки наибольшее влияние оказывают катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , перечисленные в порядке убывания. Высокие значения удельной электропроводности в пробах № 3 и 5 не представляют опасности для вегетации городских насаждений в связи с тем, что они обусловлены, преимущественно, содержанием кальция и магния, являющихся необходимыми микроэлементами для растений.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что преобладающим катионом в почвах г. Меленки является кальций. Данный ион не оказывает негативное влияние на почвенную биоту, однако может создавать риск ослабления грунта.

Среди анионов преобладают нитраты, что связано с повышенным фоновым содержанием. Кроме того, проба № 6 промышленной зоны вблизи металлургического предприятия «Литмаш-М» наиболее загрязнена фосфат- и сульфат-ионами, что может быть обусловлено выбросами промышленного предприятия. Однако превышение значений ПДК по содержанию анионов в исследуемых почвах не выявлено.

Проба № 11, отобранная в транспортной зоне, характеризуется максимальными концентрациями катионов калия и натрия, вероятно, поступающими в составе противогололедных реагентов, а также нитрат- и фосфат-анионами, что связано с автотранспортной эмиссией. По величине удельной электропроводности водных вытяжек максимальные значения установлены для пойменной почвы и пробы № 5, отобранной в промышленной зоне. Однако они не представляют опасности для вегетации городских насаждений в связи с преобладанием ионов кальция и магния, являющихся необходимыми микроэлементами для растений.

Таким образом, несмотря на техногенную нагрузку вследствие воздействия литейного производства, почвы г. Меленки характеризуются невысоким засолением, не представляющим опасности для вегетации городских насаждений.

Библиографический список / References

Герасимов А.О., Чугунова М.В., Поляк Ю.М. Сезонные изменения содержания противогололедных средств в дерново-подзолистой почве в лабораторном и полевом экспериментах // Биосфера. 2019. Т. 11. № 4. С. 171–177. DOI: 10.24855/biosfera.v11i4.512 [Gerasimov A.O., Chugunova M.V., Polyak Yu.M. The seasonal changes in the content of de-icing salts in sod-podzol soil in laboratory and field experiments. *Biosfera*. 2019. Vol. 11. No. 4. Pp. 171–177. (In Rus.). DOI: 10.24855/biosfera.v11i4.512]

Комплексный подход в оценке экологического состояния городских парковых почв / С.Г. Скугорева, Л.И. Домрачева, А.И. Фокина и др. // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 2. № 67. С. 102–112. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-102-112 [Skugoreva S.G., Domracheva L.I., Fokina A.I. et al. An integrated approach to assessing the ecological state of urban park soils, Kirov, Russia. *South of Russia: Ecology, Development*. 2023. Vol. 18. No. Pp. 102–112. (In Rus.). DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-102-112]

Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 163–181. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181 [Manzhina S.A. On the issue of chemical mechanism and soil salinity degree determination: Russian and foreign practices. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2021. Vol. 11. No. 3. Pp. 163–181. (In Rus.). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181]

Осина К.В., Арляпов В.А., Горелова С.В. Анионно-катионный состав почв урбанизированных экосистем Тульской области // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 1. С. 24–37. DOI: 10.46689/2218-5194-2023-1-1-27-37 [Osina K.V., Arlyapov V.A., Gorelova S.V. Anionic-cationic composition of soil in urbanized ecosystems of the Tula region. *Izvestiya Tula State University. Sciences of Earth*. 2023. No. 1. Pp. 24–37. (In Rus.). DOI: 10.46689/2218-5194-2023-1-1-27-37]

Оценка засоления почв среднего по численности города (на примере Гусь-Хрустального Владимирской области) / Е.А. Трифонова, А.Г. Космачева, А.А. Марцев и др. // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 4. С. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398 [Trifonova T.A., Kosmacheva A.G., Martsev A.A. et al. Assessment of soil salinity in an average city (on the example of Gus-Khrustalny in Vladimir region). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 4. Pp. 384–398. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398]

Оценка эпидемиологического риска для здоровья и эколого-гигиеническая характеристика почв малого города с литейным производством / Т.А. Трифонова, А.А. Марцев, О.Г. Селиванов и др. // Гигиена и санитария. 2024. Т. 103. № 2. С. 172–181. DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-2-172-181 [Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G. et al. Health risk assessment and ecological and hygienic characteristics of soils of a district center with low Industrial Potential. *Hygiene and Sanitation*. 2024. Vol. 103. No. 2. Pp. 172–181. (In Rus.). DOI: 10.47470/0016-9900-2023-103-2-172-181]

Распределение минеральных водорастворимых веществ в почвах функциональных зон городов с различной техногенной нагрузкой / В.А. Рыжиков, Ю.А. Романкевич, Д.Ю. Городецкий, Г.М. Бокая // Природопользование. 2011. № 20. С. 68–75. [Ryzhikov V.A., Romankevich Yu.A., Gorodetski D.Yu., Bokaya G.M. Distribution of mineral water soluble matters in cities functional zones soils of various technogenic loads. *Nature Management*. 2011. No. 20. Pp. 68–75. (In Rus.)]

Экологическое состояние почвенного покрова Тульской области / И.А. Нечаева, В.А. Арляпов, Е.В. Акатова, Е.М. Волкова // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2015. № 4. С. 283–293. [Nechaeva I.A., Arlyapov V.A., Akatova E.V., Volkova E.M. Ecological condition of soil Tula region. *News of the Tula State University. Natural Sciences*. 2015. No. 4. Pp. 283–293. (In Rus.)]

Al-Mamoori S.K., Al-Maliki L.A.J., El-Tawel K. et al. Chloride, calcium carbonate and total soluble salts contents distribution for An-Najaf and Al-Kufa cities' soil by using GIS. *Geotech. Eng.* 2019. No. 37. Pp. 2207–2225. DOI: 10.1007/s10706-018-0754-x

Artiola J.F., Walworth J.L., Musil S.A., Crimmins M.A. Environmental and pollution science (third edition). *Chapter 14 Soil and Land Pollution*. M.L. Brusseau, I.L. Pepper, P. Charles (eds.). Academic Press, 2019. Pp. 219–235. DOI: 10.1016/B978-0-12-814719-1.00014-8

Butcher K., Wick A.F., DeSutter T. et al. Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. Iss. 6. Pp. 2189–2200. DOI: 10.2134/agronj2016.06.0368

Dou X., Zhang J., Zhang C. et al. Calcium carbonate regulates soil organic carbon accumulation by mediating microbial communities in Northern China. *CATENA*. 2023. Vol. 231. Art. 107327. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107327

Shannon T.P., Ahler S.J., Mathers A. et al. Road salt impact on soil electrical conductivity across an urban landscape. *Journal of Urban Ecology*. 2020. Vol. 6. Iss. 1. Art. juaa006. DOI: 10.1093/jue/juaa006

Статья поступила в редакцию 09.12.2024, принята к публикации 15.01.2025
The article was received on 09.12.2024, accepted for publication 15.01.2025

Сведения об авторах / About the authors

Космачева Анастасия Геворговна – кандидат биологических наук; доцент кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Anastasia G. Kosmacheva – PhD in Biology; Associate Professor at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1988-8615>

E-mail: hijadelaluna@mail.ru

Марцев Антон Андреевич – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры биологии и общей генетики Института цифрового биодизайна и моделирования живых систем, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова; доцент кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Anton A. Martsev – PhD in Biology; associate professor at the Department of Biology and General Genetics of the Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; associate professor at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>

E-mail: martsevaaa@yandex.ru

Ростунов Алексей Олегович – аспирант кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Alexey O. Rostunov – Postgraduate at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6609-5634>

E-mail: chelovek-is@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

А.Г. Космачева – интерпретация данных, написание текста статьи

А.А. Марцев – концепция исследования, проведение лабораторных исследований

А.О. Ростунов – отбор образцов

Contribution of the authors

A.G. Kosmacheva – interpreting data, writing the text of the article

A.A. Martsev – research concept, laboratory research

A.O. Rostunov – soil sampling

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript