

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398

УДК 504.064.2+631.413/.423.5/.437.31

**Т.А. Трифонова^{1, 2}, А.Г. Космачева¹,
А.А. Марцев¹, О.Г. Селиванов¹, И.Н. Курочкин¹**

¹ Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
600000 г. Владимир, Российская Федерация,

² Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,
119991 г. Москва, Российская Федерация

Оценка засоления почв среднего по численности города (на примере Гусь-Хрустального Владимирской области)

Целью данного исследования являлась оценка засоления почв среднего города с развитым промышленным производством на примере Гусь-Хрустального Владимирской области. Установлено, что в исследуемых почвах преобладают катионы кальция и сульфат-анионы. Увеличение содержания отдельных ионов имеет локальный характер, связанный с различными источниками загрязнения. Превышение ПДК нитрат-ионов в 1,1 раза (145,05 мг/кг) выявлено вблизи стекольного завода. Промышленная зона Гусь-Хрустального характеризуется загрязнением токсичными

анионами SO_4^{2-} , NO_3^- , а также катионами Mg^{2+} и K^+ , связанными со спецификой газовоздушных выбросов предприятий. Придорожные территории преимущественно загрязнены Na^+ и Cl^- , поступающими в составе противогололедных реагентов. Наиболее засоленным является образец, отобранный в транспортной зоне, характеризующийся максимальным содержанием Cl^- (2819,5 мг/кг), SO_4^{2-} (134,65 мг/кг), Na^+ (2046,5 мг/кг) и значением удельной электропроводности (731,8 мкСм/см). Данное исследование демонстрирует, что, несмотря на значительное воздействие промышленных предприятий, преимущественным источником засоления почв города является автомобильный транспорт.

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

Для ЦИТИРОВАНИЯ: Оценка засоления почв среднего по численности города (на примере Гусь-Хрустального Владимирской области) / Трифонова Т.А, Космачева А.Г., Марцев А.А. и др. // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 4. С. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398

**T.A. Trifonova^{1, 2}, A.G. Kosmacheva¹,
A.A. Martsev¹, O.G. Selivanov¹, I.N. Kurochkin¹**

¹ Vladimir State University,
Vladimir, 600000, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University,
Moscow, 119991, Russian Federation

Assessment of soil salinity in an average city (on the example of Gus-Khrustalny in Vladimir region)

The research objective was to assess the salinity of soils of an average city with a developed industrial production on the example of Gus-Khrustalny, Vladimir region. It was found that calcium cations and sulfate anions

predominate in the studied soils. The increase in the content of individual ions has a local character associated with various sources of pollution. The excess of the maximum permissible concentration of nitrate ions by 1.1 times (145.05 mg/kg) is near the glass factory. The industrial zone of Gus-Khrustalny is characterized by contamination with toxic anions SO_4^{2-} , NO_3^- , as well as Mg^{2+} and K^+ cations associated with the specifics of gas-air emissions of enterprises. Roadside areas are mainly contaminated with Na^+ and Cl^- , which come as part of deicing reagents. The most saline is the sample taken in the transport zone, characterized by a maximum content of Cl^- (2819.5 mg/kg), SO_4^{2-} (134.65 mg/kg), Na^+ (2046.5 mg/kg) and a value of electrical conductivity (731.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$). This study demonstrates that despite the significant impact of industrial enterprises, the primary source of salinization of the city soils is road transport.

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

FOR CITATION: 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. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398

Введение

Засоление почв – показатель количества растворенных в ней минеральных солей, а также один из видов химического загрязнения и деградации. Являясь глобальной проблемой, оно оказывает негативное влияние как на физико-химические и биологические свойства почвы, так и на функционирование растений и микроорганизмов [Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

В первую очередь проблема засоления затрагивает сельскохозяйственные почвы, способствуя снижению продукционной способности, агро-экологической и коммерческой ценности почв. Однако исследования солевого состава почв урбанизированных территорий также демонстрируют накопление растворенных минеральных солей [Распределение..., 2011; Горяшкиева, Щербакова, Цомбуева, 2017; Наместникова, Бузаева, 2019; Закамская, Максимова, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Помимо вклада материнских пород, источниками поступления являются атмосферные осадки, сточные воды, выбросы промышленных предприятий, бытовые и промышленные отходы, противогололедные смеси.

Действие солей на изменение качества почв зависит от ионного состава и типа засоления. Основными катионами, загрязняющими городские

почвы, являются Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , NO_3^- (перечислены в порядке убывания важности). Оценка степени засоленности необходима для восстановления почв и поддержания оптимального солевого баланса и может производиться через определение общего содержания легкорастворимых солей в почве, по общей концентрации солей в почвенном растворе или фильтрате, с помощью измерения солевых показателей водной вытяжки (электропроводности и кислотности) [Манжина, 2021].

К настоящему времени опубликованы результаты исследования засоления почв ряда населенных пунктов Российской Федерации [Горяшкиева, Щербакова, Цомбуева, 2017; Наместникова, Бузаева, 2019; Закамская, Максимова, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023] и Республики Беларусь [Распределение..., 2011]. Засоление почв городов Владимирской области ранее не изучалось.

Согласно СП 42.13330.2016¹, по численности населения Гусь-Хрустальный относится к средним городам (50–100 тыс. человек) и является одним из типичных городов в данном сегменте. В 2010 г. этот сегмент состоял из 155 городов Российской Федерации [Смирнов, 2019]. Во Владимирской области Гусь-Хрустальный является пятым по площади и численности населения. Развитое промышленное производство и высокая техногенная нагрузка обуславливают актуальность изучения состояния химического состава почвенного покрова города. К настоящему времени опубликованы результаты исследования загрязнения Гусь-Хрустального тяжелыми металлами, которое подтверждает негативное влияние стекольной промышленности на состояние окружающей среды и здоровье населения [Эколого-гигиеническая оценка..., 2023].

Цель данного исследования – оценка засоления почв среднего города с развитым промышленным производством на примере Гусь-Хрустального Владимирской области.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись почвы Гусь-Хрустального (55°37' N, 40°39' E). Общая площадь 43 км², численность населения 51 552 человек. Город расположен в зоне дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв с содержанием физической глины (<0,01 мм) 10–20%, гумуса – 1,83%, рН 4,5–6,0. Город является административным центром Гусь-Хрустального района Владимирской области.

¹ СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр). М., 2016.

Показатель $pH_{\text{водн}}$ исследуемых образцов варьирует от 5,06 до 8,09, преимущественно находится в диапазоне 6,5–7,5 и характеризует почву Гусь-Хрустального как нейтральную и слабощелочную, что во многом связано с ее формированием и трансформацией. Городские почвы переуплотнены, их горизонты перемешаны, содержат большое количество строительного и бытового мусора, кроме того, поступление карбонатов кальция и магния из атмосферы в результате работы стекольных производств способствует повышению щелочности [Эколого-гигиеническая оценка..., 2023].

Карта с точками отбора проб почвы приведена на рис. 1. Ландшафтно-рекреационная зона представлена образцами, отобранными в пригородной дачной территории (№ 1, 3), городском парке культуры отдыха «Барина роща» (№ 2). Промышленная зона включает пробы, отобранные вблизи промышленных предприятий: точка № 4 – ОАО «Стекловолокно», № 5 и 6 – АО «Гусевский стекольный завод им. Ф.Э. Дзержинского», № 7 – ООО «Гусевской хрустальный завод им. Мальцова», № 8 – ООО «Опытный стекольный завод», заводы трубопроводной арматуры ООО «Гусевский арматурный завод “Гусар”» (№ 9) и ОАО «Армагус» (№ 10). Транспортная зона представлена образцами № 11–14.

Отбор почвенных проб осуществляли в августе 2022 г. в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–2017² на глубине 0–10 см.

Содержание органического вещества колеблется от 0 до 10,22%. Максимальное значение установлено в почве, расположенной в промышленной зоне в центральной части города (точка № 10). Минимальное содержание выявлено в северо-восточной части города (образцы из ландшафтно-рекреационной зоны – № 1 и 2, промышленной зоны – № 8), а также в пробе № 13 – вблизи автомобильной дороги.

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 Пирсона. В качестве погрешности указаны значения стандартной ошибки среднего.

Удельную электрическую проводимость водной вытяжки почвенных образцов определяли согласно ГОСТ 26423–85³ кондуктометром марки HANNA HI 8733.

² ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». М., 2018.

³ ГОСТ 26423–85 «Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки». М., 1986.

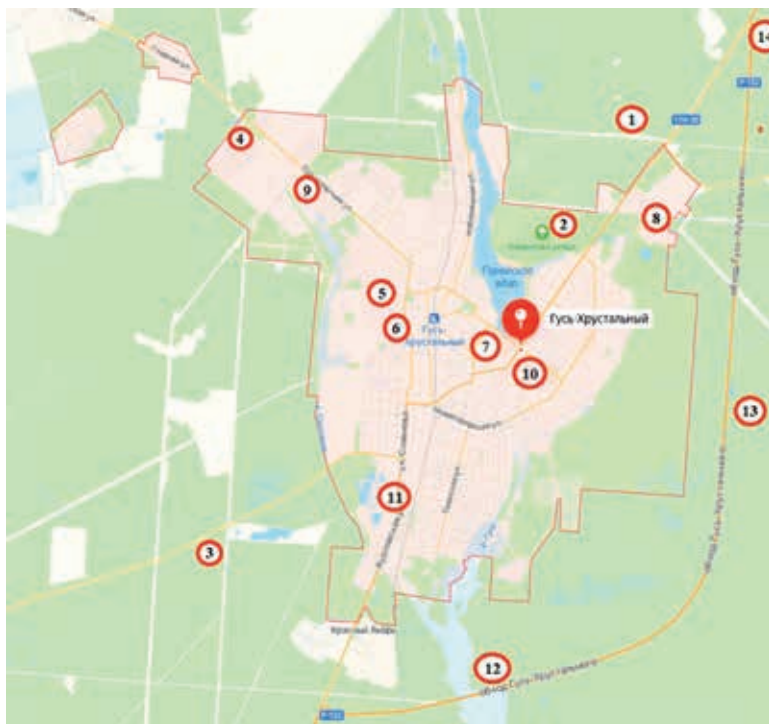


Рис. 1. Карта города Гусь-Хрустальный
Цифрами обозначены точки отбора проб

Fig. 1. Map of Gus-Khrustalny
The numbers indicate sampling points

Содержание ионов устанавливали методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-205» согласно ПНД Ф 16.1:2:2.3:2.2.69–10⁴ для определения анионов и ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.74–2012⁵ для определения катионов.

⁴ 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.

⁵ 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.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) приведены согласно СанПиН 1.2.3685–21⁶.

Результаты и обсуждение

Результаты содержания катионов и анионов в исследуемых почвах представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

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

№ образца почвенной пробы [Number of the soil sample]	NH_4^+	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
1	9,45	12,95	19,10	10,30	34,75
2	11,60	14,70	18,60	12,75	37,70
3	10,65	36,65	13,15	46,05	209,25
4	9,30	75,00	21,10	41,70	193,35
5	14,35	30,35	18,05	48,90	215,50
6	2,90	59,05	35,35	58,90	260,75
7	19,45	129,50	47,20	39,75	269,95
8	12,35	34,15	8,95	32,25	98,05
9	18,30	86,00	44,55	149,85	248,50
10	15,30	48,55	21,15	42,20	241,20
11	5,90	5,20	54,05	28,65	277,45
12	6,60	4,65	31,05	15,00	59,15
13	11,35	4,30	276,60	13,05	48,95
14	0,00	0,00	2046,50	45,15	221,55

В исследуемых почвах среди катионов преобладает кальций (34,75–277,45 мг/кг), что соответствует литературным данным [Распределение..., 2011; Наместникова, Бузаева, 2019; Осина, Арляпов,

⁶ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021.

Горелова, 2023]. Высокие концентрации данного элемента могут быть обусловлены как геологической природой материнских пород, так и поступлением в составе противогололедных солей и промышленных выбросов [Распределение..., 2011; Наместникова, Бузаева, 2019]. С одной стороны, кальций способствует формированию почвенных коллоидов, играет важную роль в метаболизме растений и обеспечении их устойчивости к неблагоприятным факторам среды, может препятствовать образованию соды [Манжина, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. С другой стороны, повышенное содержание карбоната кальция в городских почвах создает риск ослабления грунта, образования трещин и дифференциальной осадки зданий [Al-Mamoori et al., 2019].

Натрий является вторым по содержанию катионом в исследуемых пробах, что соответствует литературным данным [Распределение..., 2011; Горяшкиева, Щербакова, Цомбуева, 2017; Наместникова, Бузаева, 2019; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Максимальная концентрация выявлена в точке № 14, расположенной в транспортной зоне, что, вероятно, вызвано поступлением в составе противогололедных реагентов, являющихся основным источником ионов натрия в городских почвах [Распределение..., 2011; Наместникова, Бузаева, 2019; Закамская, Максимова, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Избыток данных катионов приводит к образованию соды, вызывая один из самых негативных видов засоления, а также к дисбалансу в соотношении одновалентных и двухвалентных катионов [Манжина, 2021]. Ионы натрия вытесняют ионы кальция и магния, способствуя снижению поглотительной способности почв и усилению процессов осолонцевания, являющегося наиболее опасным видом засоления городских почв [Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Накопление данного элемента приводит к пептизации почвенных коллоидов, усиливая их подвижность в результате процессов вымывания, изменяя механический состав почв в сторону увеличения илистой фракции. Потеря структурных свойств и снижение водного потенциала почвы способствуют нарушению поступления воды и процессов обмена веществ растений, окислительному стрессу, снижению жизнедеятельности, ухудшению вегетации зеленых насаждений [Распределение..., 2011; Закамская, Максимова, 2021; Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Магний также является распространенным катионом в городских почвах. Максимальная концентрация установлена в точке № 9, расположенной около ООО «Гусевский арматурный завод “Гусар”». Источниками поступления могут являться выбросы промышленного предприятия, загрязняющие почвы в составе золы и пыли [Распределение..., 2011],

некоторые противогололедные средства на основе хлоридов магния [Наместникова, Бузаева, 2019].

Почвы исследуемого города характеризуются значительными колебаниями содержания калия (0–129,5 мг/кг). Минимальные концентрации выявлены в точках № 11–14, расположенных в транспортной зоне. Максимальное содержание установлено в точке № 7, расположенной вблизи промышленного предприятия ООО «Гусевской хрустальный завод им. Мальцова», что, вероятно, связано с применением карбоната калия в производстве стекла и хрусталя [Шакиров, Тлехусеж, 2019]. Повышение концентрации ионов калия увеличивает уровень миграции в нижележащие горизонты и приводит к дисбалансу в концентрации солей почвенного раствора [Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Концентрация ионов аммония варьирует в диапазоне 0–19,45 мг/кг, что совпадает с литературными данными по почвам в городах Тульской области [Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Таблица 2

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

№ образца почвенной пробы [Number of the soil sample]	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻
1	0,00	22,69	0,00	0,00	2,26
2	0,00	0,76	16,87	0,29	1,95
3	0,00	16,37	0,00	1,72	0,00
4	0,00	14,95	17,38	0,80	9,37
5	0,00	15,34	0,00	1,15	0,00
6	0,00	3,46	145,05	0,60	4,40
7	23,50	22,99	0,00	1,53	0,00
8	0,00	6,21	0,00	1,26	11,70
9	28,18	30,87	0,00	1,90	3,82
10	0,00	1,46	0,00	5,09	3,93
11	29,63	18,09	0,00	2,68	0,00
12	0,41	57,20	0,00	3,97	0,00
13	288,20	31,64	0,00	1,57	29,94
14	2819,50	134,65	0,00	0,00	0,00

Согласно полученным результатам, в исследуемых почвах среди анионов преобладают сульфаты, что соответствует литературным данным [Распределение..., 2011; Горяшкиева, Щербакова, Цомбуева, 2017; Наместникова, Бузаева, 2019; Осина, Арляпов, Горелова, 2023] и свидетельствует о высоком содержании соединений серы в выбросах промышленных предприятий и их последующем осаждении с атмосферными осадками [Распределение..., 2011; Иванов, Черкасова, 2011]. Максимальные концентрации установлены в точке № 14 вблизи автомобильной дороги. Аналогичное повышение сульфат-ионов в придорожных территориях показано в исследовании почв вблизи трассы «Пермь – Березники» [Пименова, Лихачев, 2020], что демонстрирует сильное воздействие автомобильного транспорта на накопление данных анионов. Повышение концентрации данных анионов в почве приводит к увеличению кислотности, мобилизации тяжелых металлов, снижению плодородия, изменению активности минерализации, нарушению почвенного гомеостаза [Иванов, Черкасова, 2011].

Одиннадцать из четырнадцати образцов почв, отобранных в Гусь-Хрустальном, характеризуются отсутствием нитратов. Наибольшее содержание (145,05 мг/кг), превышающее ПДК (130 мг/кг) в 1,1 раза, установлено в точке № 6, вблизи промышленного предприятия АО «Гусевский стекольный завод им. Ф.Э. Дзержинского», который, вероятно, и является источником загрязнения. Аналогичное повышение нитрат-ионов под влиянием стеклотарного производства было выявлено в г. Гороховце Владимирской области и связывалось авторами с выбросами соединений азота, их последующим поступлением в почву и биохимическим превращением [Трифонова, Марцев, Селиванов, 2020]. Высокое содержание данных ионов также установлено в промышленных зонах почв городов Тульской области [Осина, Арляпов, Горелова, 2023]. Избыток нитрат-ионов в почве представляет опасность в связи с поступлением в подземные и грунтовые воды, накоплением в растениях, образованием токсичных нитропроизводных.

Максимальное содержание хлорид-ионов установлено в образце № 14, отобранном рядом с автомобильной дорогой. Преобладание в почвах транспортной зоны хлоридов согласуется с литературными данными и связано с загрязнением придорожных территорий противогололедными реагентами [Распределение..., 2011; Наместникова, Бузаева, 2019; Закамская, Максимова, 2021]. Повышение концентраций хлоридов в почве приводит к снижению жизнедеятельности растений, микро- и микобиоты [Распределение..., 2011; Закамская, Максимова, 2021], влияет на инженерное поведение грунта, представляет опасность

для фундаментов и арматурной стали, приводит к увеличению значения максимальной сухой плотности, влияет на свойства сопротивления сжатию бетона [Al-Mamoori et al., 2019].

Содержание фторидов в почвах Гусь-Хрустального не превышает ПДК (10 мг/кг) и соответствует литературным данным [Осина, Арляпов, Горелова, 2023].

Концентрации фосфат-ионов варьируют в диапазоне 0–29,94 мг/кг. Невысокое содержание обусловлено тем, что большая часть неорганического фосфора в почве содержится в виде нерастворимых минералов. В почвенном растворе присутствуют также анионы H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} [Weil, Brady, 2017]. Однако в рамках данного исследования осуществлялось определение концентрации только ортофосфат-ионов в связи с возможностями аналитического оборудования.

Удельная электрическая проводимость обусловлена ионами, образующимися при диссоциации электролитов и также является мерой засоления почвы. Величина удельной электропроводности водных вытяжек почв Гусь-Хрустального варьирует в диапазоне 52,03–731,8 мкСм/см, что говорит о высоких значениях измеряемого показателя и высокой концентрации ионов в растворах. Минимальные значения выявлены в точках № 1 и 2, являющихся контрольными, и составляют 66,03 мкСм/см и 52,03 мкСм/см соответственно. Максимальное (731,8 мкСм/см) – в точке № 14, расположенной вблизи автомобильной дороги, что также указывает на высокую степень засоления и содержание ионов в почвенном растворе.

Установлена положительная корреляционная зависимость удельной электропроводности от концентрации анионов хлора ($r = 0,8708$; $p = 0,000$), сульфат-ионов ($r = 0,7736$; $p = 0,001$), катионов натрия ($r = 0,8704$; $p = 0,000$) и кальция ($r = 0,5650$; $p = 0,035$). Таким образом, выявлено, что на величину электрической проводимости почв города Гусь-Хрустальный оказывают наибольшее влияние анионы Cl^- и катионы Na^+ .

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что в почвах г. Гусь-Хрустальный преобладают катионы кальция и сульфат-анионы.

Анализ состава исследуемых почв демонстрирует, что увеличение содержания отдельных ионов имеет локальный характер, связанный с различными источниками загрязнения. Превышение ПДК нитрат-ионов в 1,1 раза (145,05 мг/кг) выявлено в точке, расположенной вблизи стекольного завода. Промышленная зона Гусь-Хрустального

характеризуется загрязнением токсичными анионами SO_4^{2-} , NO_3^- , а также катионами Mg^{2+} и K^+ , связанными со спецификой газовоздушных выбросов предприятий.

Придорожные территории наиболее сильно загрязнены ионами Na^+ и Cl^- , поступающими в составе противогололедных реагентов. Наиболее засоленным является образец № 14, отобранный в транспортной зоне. В данной пробе установлены максимальное содержание хлоридов (2819,5 мг/кг), сульфатов (134,65 мг/кг), натрия (2046,5 мг/кг) и максимальное значение удельной электропроводности (731,8 мкСм/см). Таким образом, данное исследование демонстрирует, что, несмотря на значительное воздействие промышленных предприятий, преимущественным источником засоления почв города является применение противогололедных реагентов в зоне движения автомобильного транспорта.

В связи с вышеизложенным, мониторинг засоленности почв урбанизированных территорий является актуальным. Также необходима разработка мер, направленных на снижение данного вида почвенного загрязнения и восстановления продукционной способности нарушенных территорий.

Библиографический список / References

Горяшкиева З.В., Щербакова Л.Ф., Цомбуева Б.В. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Элиста // Успехи современного естествознания. 2017. № 3. С. 75–79. [Goryashkiewa Z.V., Scherbakova L.F., Tsombueva B.V. Assessment of pollution of soil in the city of Elista. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017. No. 3. Pp. 75–79. (In Rus.)]

Закамская Е.С., Максимова У.Г. Хемометрическая оценка содержания хлоридов в урбаноземах города Йошкар-Олы // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2021. № 2 (42). С. 93–102. DOI: 10.15593/2409-5125/2021.02.0824 [Zakamskaya E.S., Maksimova U.G. Chemometric evaluation of chloride content in urban soils of the city of Yoshkar-Ola. *PNRPU Bulletin. Urban Development*. 2021. No. 2 (42). Pp. 93–102. DOI: 10.15593/2409-5125/2021.02.0824 (In Rus.)]

Иванов В.С., Черкасова О.А. Загрязнение почв г. Витебска сульфатами, нитратами и нефтепродуктами // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2011. Т. 10. № 4. С. 111–119. [Ivanov V.S., Cherkasova O.A. Soil contamination of Vitebsk with sulfates, nitrates and petroleum products. *Vitebsk Medical Journal*. 2011. Vol. 10. No. 4. Pp. 111–119. (In Rus.)]

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. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181 (In Rus.)]

Наместникова О.В., Бузаева М.В. Мониторинг засоления почв в системе обеспечения экологической безопасности крупного города // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (30). С. 44–52. [Namestnikova O.V., Buzayeva M.V. Monitoring of soil salinity in the system of ecological safety of a large city. *The Journal Modern Problems of Civil Protection*. 2019. No. 1 (30). Pp. 44–52. (In Rus.)]

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. DOI: 10.46689/2218-5194-2023-1-1-27-37 (In Rus.)]

Пименова Е.В., Лихачев С.В. Экологическая оценка почв в зоне влияния автодороги // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 4. С. 63–67. DOI: 10.26178/AE.2020.79.98.010 [Pimenova E.V., Lihachev S.V. Ecological assessment of soils in the road impact zone. *Agrochemistry and Ecology Problems*. 2020. No. 4. Pp. 63–67. DOI: 10.26178/AE.2020.79.98.010 (In Rus.)]

Распределение минеральных водорастворимых веществ в почвах функциональных зон городов с различной техногенной нагрузкой / Рыжиков В.А., Романкевич Ю.А., Городецкий Д.Ю., Бокая Г.М. // Природопользование. 2011. № 20. С. 68–75. [Ryzhikov V.A., Romankevich Yu. A., Gorodetskiy 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.)]

Смирнов И.П. Средние города Центральной России. Тверь, 2019. [Smirnov I.P. *Srednie goroda Tsentralnoy Rossii* [Middle cities of Central Russia]. Tver, 2019.]

Содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почв сельскохозяйственного назначения Владимирской области / Комаров В.И., Селиванов О.Г., Марцев А.А. и др. // Агрохимия. 2019. № 12. С. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119100089 [Komarov V.I., Selivanov O.G., Martsev A.A. et al. Heavy metals contamination in arable horizon of soils of agricultural appointment of the Vladimir region. *Agrochemistry*. 2019. No. 12. Pp. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119100089 (In Rus.)]

Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г. Газовоздушные выбросы стеклоларного производства как фактор риска здоровью населения // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 155–161. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-155-161 [Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G. Gas-air emissions from glass container production as a risk factor for public health. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. No. 4. Pp. 155–161. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-155-161 (In Rus.)]

Шакиров А.А., Тлехусеж М.А. Химические процессы при изготовлении стекла // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 4-4. С. 93–96.

[Shakirov A.A., Tlekhusezh M.A. Chemical processes in the manufacture of glass. *Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki*. 2019. No. 4-4. Pp. 93–96. (In Rus.)]

Эколого-гигиеническая оценка почв промышленного города со стекольным производством по содержанию тяжелых металлов и мышьяка / Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н. // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 6. С. 549–555. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555 [Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N. Ecological and hygienic assessment of soils on the content of heavy metals and arsenic in an industrial city with glass production. *Hygiene and Sanitation*. 2023. Vol. 102. No. 6. Pp. 549–555. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555 (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. Geol. Eng.* 2019. Vol. 37. Pp. 2207–2225. DOI: 10.1007/s10706-018-0754-x

Weil R.R., Brady N.C. Soil Phosphorus and Potassium. *The Nature and Properties of Soils*. Chapter 14. Pearson, USA, 2017. Pp. 643–695.

Статья поступила в редакцию 16.09.2023, принята к публикации 04.11.2023

The article was received on 16.09.2023, accepted for publication 04.11.2023

Сведения об авторах / About the authors

Трифонова Татьяна Анатольевна – доктор биологических наук; заведующая кафедрой биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; профессор; профессор кафедры географии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Tatiana A. Trifonova – Dr. Biol. Hab.; Head of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University; Professor at the Department of Soil Geography of the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>

E-mail: tatrifon@mail.ru

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

Anastasia G. Kosmacheva – PhD in Biology; Senior Lecturer at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University

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

E-mail: hijadelaluna@mail.ru

Марцев Антон Андреевич – кандидат биологических наук; доцент; 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 Ecology, Vladimir State University

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

E-mail: martsevaa@yandex.ru

Селиванов Олег Григорьевич – заведующий лабораториями кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Oleg G. Selivanov – Head at the Laboratories of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>

E-mail: selivanov6003@mail.ru

Курочкин Иван Николаевич – аспирант кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; ассистент кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Ivan N. Kurochkin – Postgraduate at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University; assistant at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-2225>

E-mail: ivan33vl@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Трифонова Т.А. – концепция исследования

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

Марцев А.А. – отбор образцов

Селиванов О.Г. – отбор образцов

Курочкин И.Н. – проведение лабораторных исследований

Contribution of the authors

T.A. Trifonova – research concept

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

A.A. Martsev – soil sampling

O.G. Selivanov – soil sampling

I.N. Kurochkin – laboratory research

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