УДК 631.423.3
DOI 10.30914/2411-9687-2021-7-3-218-226

Оценка хлоридного засоления почвогрунтов на территории города Йошкар-Олы

Е. С. Закамская, Е. А. Скочилова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. ***Введение.*** Среди факторов, которые оказывают отрицательное действие на почвенный покров, является применение в зимний период антигололедных реагентов, содержащих хлориды, что ведет к засолению почвогрунтов. В результате галохимического загрязнения происходит снижение водного потенциала почвы, что приводит к нарушению поступления воды в растение. Повышение концентраций солей в почве приводит к снижению жизненности и роста растений, отрицательно сказывается на состоянии растений, микро- и микобиоты. ***Цель:*** оценка хлоридного загрязнения почвогрунтов вблизи проезжих частей и пешеходных дорожек в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы. ***Материалы и методы.*** Объектом исследования явились почвогрунты вблизи проезжей части и пешеходных дорожек в селитебной, промышленной и рекреационной функциональных зонах города Йошкар-Олы. Отбор проб, пробоподготовку и определение содержания хлоридов аргентометрическим методом по Мору проводили согласно актуальной нормативной документации. ***Результаты исследования, обсуждения.*** Содержание хлорид-ионов в придорожных полосах и газонах варьирует от 0,007 до 0,043 %. Кластерный анализ позволил распределить все улицы селитебной зоны на 3 группы: в первую группу вошли улицы, где содержание ионов хлора составило более 0,03 %; вторую группу составляют улицы, в урбаноземах содержание хлорида варьирует от 0,02 до 0,03 %; в урбаноземах третьей группы значения данного показателя менее 0,02 %. По содержанию ионов хлора в урбаноземах г. Йошкар-Олы между разными функциональными зонами разница статистически не значима. ***Заключение.*** По степени засоления хлоридами почвогрунты всех функциональных зон являются незасоленными, это свидетельствует о том, что применение пескосолевой смеси как антигололедного реагента на территории г. Йошкар-Олы не приводит к солевой нагрузке на почвы.

Ключевые слова*:* городские почвы, антигололедные реагенты, хлориды, функциональные зоны

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Закамская Е. С., Скочилова Е. А.* Оценка хлоридного засоления почвогрунтов на территории города Йошкар-Олы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 3. С. 218–226. DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-218-226

Analysis of chloride salinization of soils in the city of Yoshkar-Ola

E. S. Zakamskaya, E. A. Skochilova

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. ***Introduction***: Among the factors that have a negative effect on the soil cover is the use of anti-ice reagents containing chlorides in winter, which leads to soil salinization. As a result of halochemical contamination, the water potential of the soil decreases, which leads to a water supply interruption of the plant. High level of salt concentrations in the soil decreases the vitality and growth of plants, negatively affects the plants condition, micro and mycobiota. ***Purpose:*** evaluation of chloride contamination of soils near roadways and walkways in different functional zones of Yoshkar-Ola. ***Materials and methods***.The object of the study were the soils near the roadway and walkways in the residential, industrial and recreational zones of Yoshkar-Ola. Sampling, sample preparation and chloride content identification by the argentometric method according to Mohr were carried out in accordance with the actual regulatory documentation. ***Research results, discussion.*** The concentration of chloride ions near roads and on lawns varies from 0.007 to 0.043 %. Cluster analysis made it possible to divide all the streets in the residential zone into 3 groups: the first group included streets where the content of chlorine ions was more than 0.03%; the second group consists of streets, in the urbal soils of which the chloride content varies from 0.02 to 0.03 %; in soils of the third group, the values of this indicator are less than 0.02 %. The difference

© Закамская Е. С., Скочилова Е. А., 2021

between different functional zones of Yoshkar-Ola by the content of chlorine ions in the soils is not statistically significant. ***Conclusion***. According to the degree of salinization with chlorides, the soils of all functional zones are unsalted, which indicates that the use of a sand-salt mixture as an anti-icing reagent on the territory of Yoshkar-Ola does not lead to a salt loan on the soil.

Keywords: urban soils; anti-icing reagents; chlorides; functional zones

The authors declare no conflict of interests.

For citation: *Zakamskaya E. S., Skochilova E. A.* Analysis of chloride salinization of soils in the city of Yoshkar-Ola. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 218–226. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-218-226

Введение

Урбоэкосистемы имеют сходные характеристики с агроэкосистемами: те и другие созданы искусственно человеком и им поддерживаются, имеют относительно невысокое видовое разнообразие, незамкнутый круговорот веществ за счет изъятия фитомассы и пр. Важной составной частью урбоэкосистемы являются городские почвы. Этот природный ресурс выполняет целый ряд экологических функций: аккумулируют загрязняющие вещества и препятствуют их проникновению в подземные воды, являются питательным субстратом для растений, регулируют газовый состав приземных слоев атмосферы [13]. Для городских почв характерны особые свойства, они сочетают в себе черты зональных почв и специфические особенности, связанные с наложением насыпного грунта. Характерным признаком городских почв является наличие горизонта «урбик» – гумусово-аккумулятивный горизонт, который формируется в результате антропогенного воздействия: насыпания, перемешивания, накопления и переработки бытового и строительного мусора [11; 14]. Городские почвы, или урбаноземы, характеризуются высокой плотностью, низким содержанием органического вещества, высоким уровнем загрязнения, высокой суммарной концентрацией растворимых солей. Эти изменения в городской почвенной среде могут изменить почвенные функции, затруднить транспирацию и аэрацию, привести к нарушению круговорота биогенных веществ и условий жизнедеятельности почвенных организмов [21; 22].

Среди факторов, которые оказывают отрицательное действие на почвенный покров, отмечается применение в зимний период антигололедных реагентов, содержащих хлориды, что ведет к засолению почвогрунтов. Для этой цели регулярно используются различные противогололедные реагенты, такие как абразивы, соли хлора, ацетаты, формиаты, мочевина, гликоли и даже антигололедные средства на основе агрохимикатов [4].

Хлорид натрия из-за своей высокой противогололедной эффективности является одной из тех солей, которые наиболее часто применяются на улицах городов [18]. Хлориды являются водорастворимыми соединениями, обладают высокой миграционной способностью [1; 15; 16; 17] и на их содержание влияет целый ряд факторов: рельеф местности, наличие зданий, продолжительность снежного периода, интенсивность движения транспорта и др. [7]. В результате таяния снега, поверхностного стока, инфильтрации большое количество хлорида натрия в конечном итоге накапливается в городских почвах вблизи дорог и тротуаров [19; 21]. Кроме того, значительное их количество может распространяться на десятки метров от мест их применения [15] и могут сохраняться в почве до следующего года [6].

Именно поэтому использование антигололедных солей на улицах может иметь далеко идущие последствия для окружающей среды. В результате галохимического загрязнения происходит снижение водного потенциала почвы, что приводит к нарушению поступления воды в растение. Особенно сильно это проявляется в засушливые годы [6]. Наличие солей в почве ведет к нарушению процессов обмена, окислительному стрессу [5; 12]. Повышение концентраций солей в почве приводит к снижению жизненности и роста растений. Так, например, в пределах участка высоких концентраций солей происходит гибель растений, а на участке с токсичным содержанием солей (25–35 мг-экв/100 г почвы) отмечена полная гибель растительного покрова [3].

На территории г. Йошкар-Олы в зимнее время на проезжей части и тротуарах в качестве антигололедных реагентов используется песко-соляная смесь[1]. С проезжей части и пешеходных дорожек песко-соляная смесь частично собирается вместе со снегом и вывозится на снежную свалку. Остальная часть сметается на обочины.

В связи с этим целью проводимых работ являлась оценка хлоридного загрязнения почвогрунтов вблизи проезжих частей и пешеходных дорожек в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы.

Материал и методика исследований

Город Йошкар-Ола располагается в центральной части Марийской низменности, рельеф равнинный, с небольшими перепадами высот[2]. На территории города преобладают легко- и среднесуглинистые нейтральные или слабощелочные почвы [8; 9].

В ходе работы проведены отборы почвенных проб и проанализировано содержание ионов хлора в почвогрунтах придорожной полосы и газонов на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» (рис. 1):

- в рекреационной зоне (Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ) (1);
- в селитебной зоне (ул. Анциферова (2), ул. Баумана (3), ул. Волкова (4), ул. Зарубина (5), ул. Й. Кырли (6), ул. Кирова (7), ул. Комсомольская (8), ул. Медицинская (9), ул. Некрасова (10), ул. Павленко (11), ул. Первомайская (12), ул. Петрова (13), ул. Подольских Курсантов (14), ул. Пролетарская (15), ул. Пушкина (16), ул. Рябинина (17), ул. Эшкинина (18), ул. Я. Эшпая (19), ул. Дружбы (20), ул. Машиностроителей (21);
- в южной промышленной зоне г. Йошкар-Олы (ул. Карла Маркса (22), ул. Ломоносова (23), ул. Лермонтова (24), ул. Соловьева (25), ул. Строителей (26).

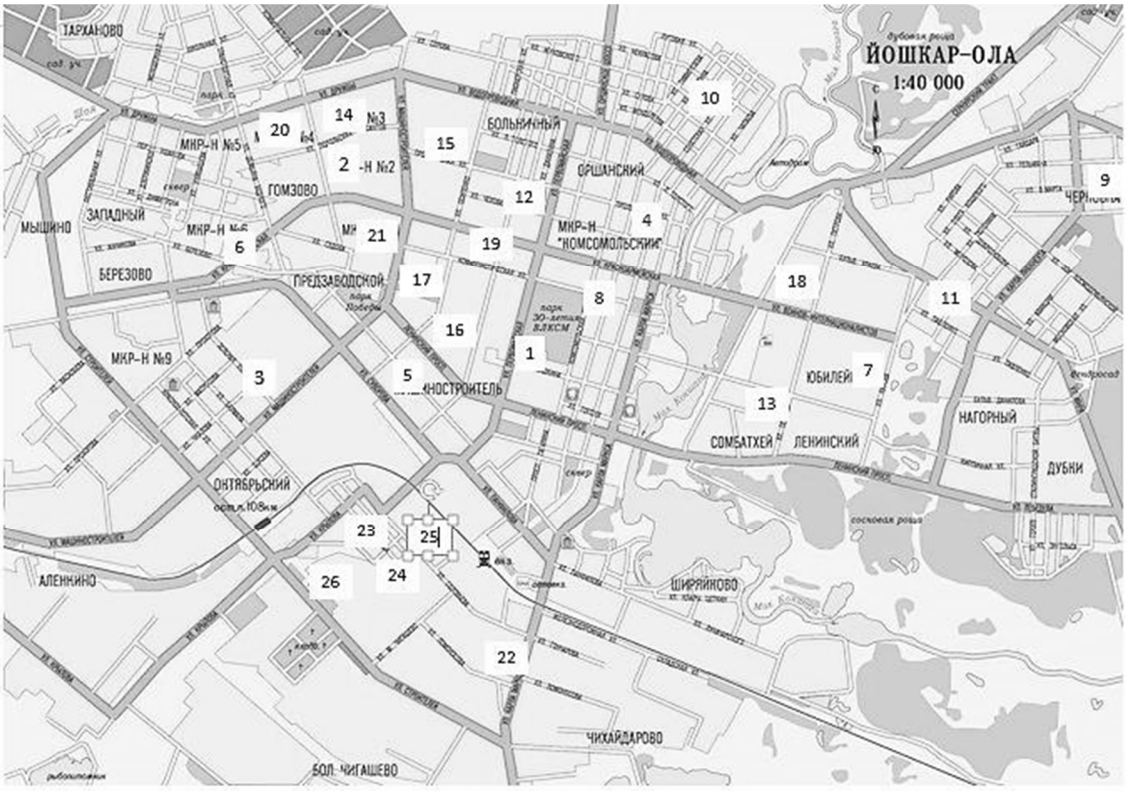

Рис. 1. Расположение районов исследования на карте г. Йошкар-Олы /
Fig. 1. Location of research areas on the map of Yoshkar-Ola

[1] Информационный портал «Город Йошкар-Ола». URL: https://www.i-ola.ru/about/info/news/26089/?sphrase_id=6242 (дата обращения: 18.01.2021)

[2] Природные условия г. Йошкар-Олы. URL: https://i-ola.ru/city/ecologia/prirod_usl.php (дата обращения: 19.01.2021)

Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 28168-89. «Почвы. Отбор проб»[1]. Точечные пробы почвы отбирали почвенным буром на глубину гумусо-аккумулятивного горизонта. Из точечных проб для каждого района составляли объединенную пробу путем их смешивания (масса не менее 1 кг).

Подготовку почвенных проб для последующего анализа проводили по ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»[2]. Хлорид-ионы определяли аргентометрическим методом по Мору. Степень засоления оценивали согласно классификации почв по степени засоления (табл. 1).

Статистическую обработку данных проводили с использованием приложения MS Excel и программного пакета Statistica 6.0.

Таблица 1 /Table 1

Группировка почв по степени засоления [2] / Grouping of soils according to the degree of salinization [2]

Степень засоления почв / Degree of soil salinization	Сумма токсичных солей, % / The amount of toxic salts, %
Незасоленные	<0,15
Слабозасоленные	0,15−0,3
Среднезасоленные	0,3−0,6
Сильнозасоленные	0,6−1,4 (1,0)*
Очень сильно засоленные	>1,4 (1,0)

Результаты исследования

Особенности миграции ионов хлора в почвенном профиле определяются гранулометрическим составом почвенных горизонтов, глубиной почвенного профиля, а также режимом и интенсивностью выпадения осадков [1].

Содержание в урбаноземах хлорид-ионов на территории г. Йошкар-Олы в придорожных полосах и на газонах трех функциональных зон: рекреационной, селитебной и южной промышленной − варьирует от 0,007 до 0,043 % (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Содержание ионов хлора в урбаноземах в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы / The chlorine ions content in urban soils in different functional zones of Yoshkar-Ola

Функциональная зона / Functional zone	среднее / the average	мин. / min.	макс. / max.	коэфф. вариации / variation coefficient
рекреационная	0,017±0,0026	0,011	0,023	0,29
южная промышленная	0,014±0,0036	0,0074	0,0264	0,57
селитебная	0,024±0,0024	0,009	0,043	0,45

В рекреационной зоне (Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ (далее парк) содержание ионов хлора составило 0,017 %, что, согласно таблице 1, позволяет их отнести к категории незасоленных.

В селитебной зоне на разных улицах города данный показатель сильно варьирует. Минимальное содержание хлоридов характерно для ул. Комсомольской и Медицинской и составляет 0,009 %, максимум содержания этого элемента обнаружен в почвах на ул. Подольских Курсантов (рис. 2).

[1] ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. М.: Изд-во стандартов, 1989. 7 с.
[2] Там же.

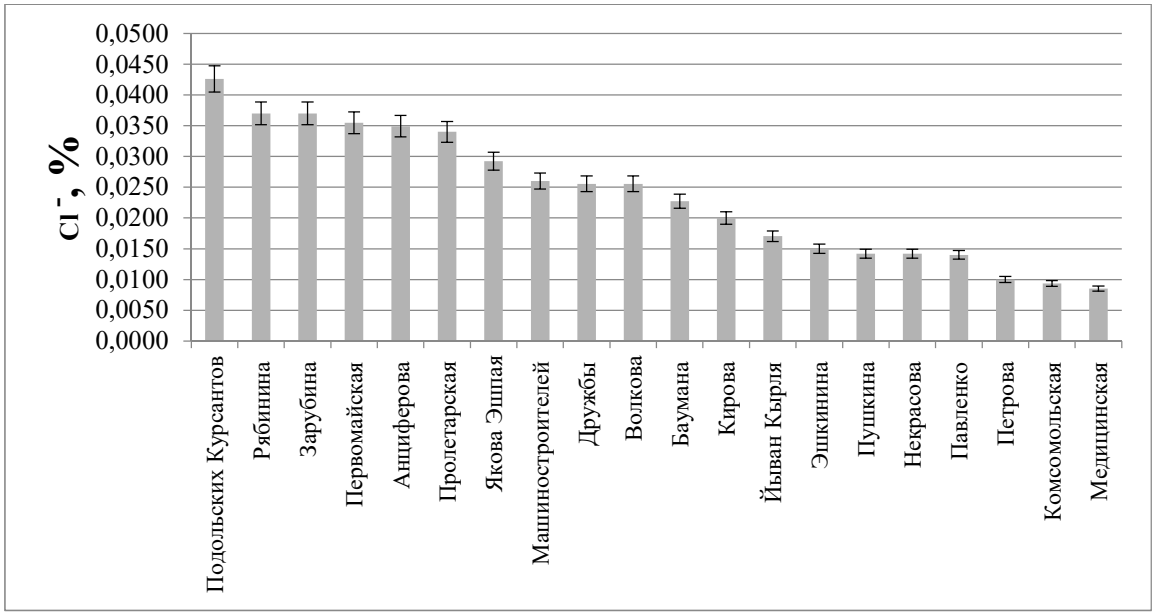

Рис. 2. Засоленность урбаноземов хлоридами в селитебной зоне /
Fig. 2. Salinization of urban soils with chlorides in the residential zone

Кластерный анализ позволил распределить все улицы селитебной зоны на 3 группы (рис. 3). Впервую группу вошли улицы, где содержание ионов хлора составило более 0,03 %: Подольских Курсантов, Рябинина, Зарубина, Первомайская, Анциферова, Пролетарская. Вторую группу составляют улицы, в урбаноземах содержание хлорида варьирует от 0,02 до 0,03 %: Якова Эшпая, Машиностроителей, Дружбы, Волкова, Баумана, Кирова. В урбаноземах третьей группы значения данного показателя менее 0,02 %: ул. Пушкина, Некрасова, Павленко, Петрова, Комсомольская, Медицинская. Согласно классификации почв по степени засоления хлоридами урбаноземы селитебной зоны являются незасоленными.

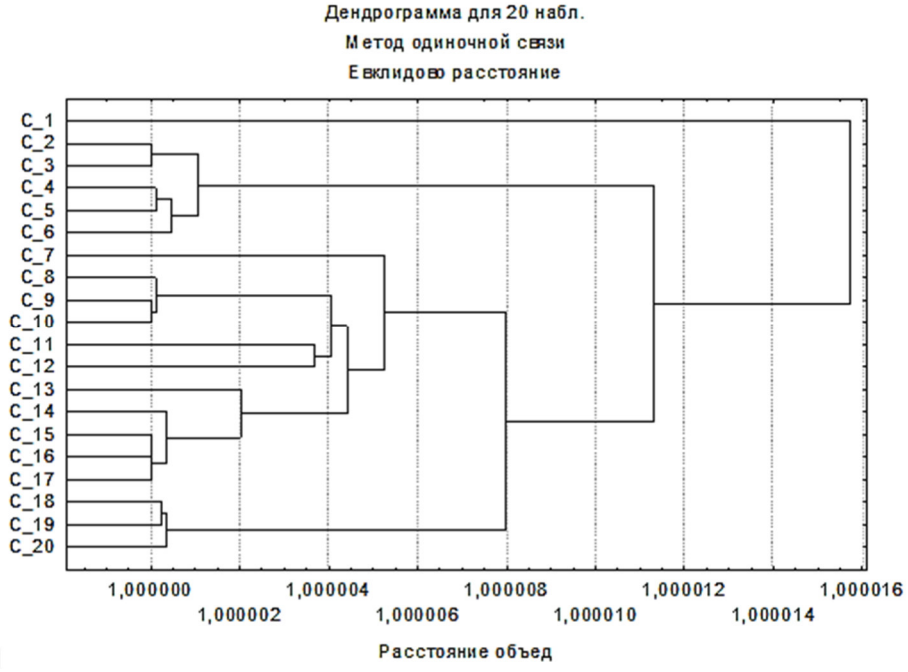

Рис. 3. Дендрограмма сходства по содержанию хлоридов в урбаноземах селитебной зоны /
Fig. 3. Dendrogram of similarity by the content of chlorides in urban soils of residential zone

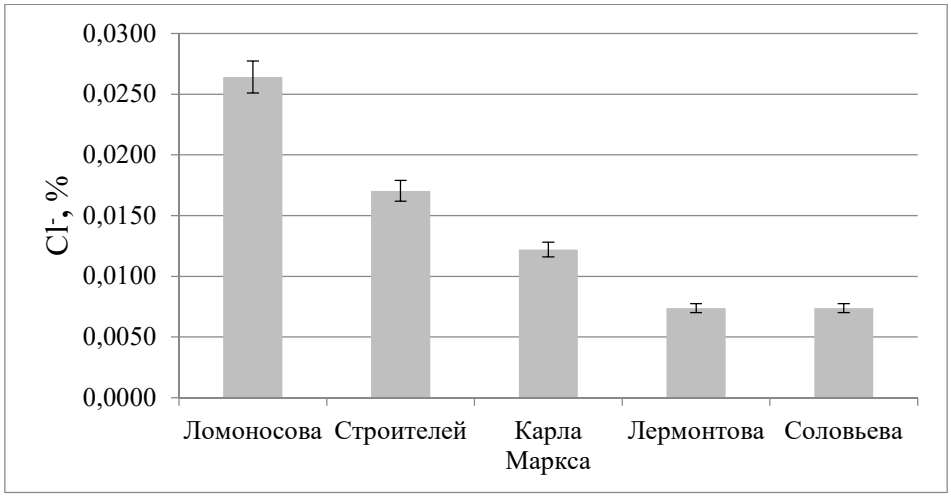

Рис. 4. Засоленность урбаноземов хлоридами в южной промышленной зоне /
Fig. 4. Urban soils salinization with chlorides in the southern industrial zone

В урбаноземах южной промышленной зоны засоленность почв хлоридами меньше, чем в селитебной и рекреационной зонах и колеблется от 0,007 % на ул. Лермонтова и Соловьева до 0,026 % на ул. Ломоносова, что в 3,6 раза больше минимального значения (рис. 4). Как и в предыдущих случаях, почвы южной промышленной зоны относятся к категории незасоленных.

Однако статистический анализ данных показал, что по содержанию ионов хлора в урбаноземах г. Йошкар-Олы между разными функциональными зонами разница статистически не значима (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Множественные сравнения содержания хлоридов в урбаноземах в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы / □ ultiple comparisons of chloride content in urban soils in different functional zones of Yoshkar-Ola

Функциональная зона / Functional zone	Селитебная / Residential zone	Рекреационная / Recreational zones
селитебная		
рекреационная	0,096551	
южная промышленная	0,056788	0,492573

Заключение

Содержание ионов хлора в почвогрунтах вдоль проезжей части и газонов на территории г. Йошкар-Олы варьирует в пределах 0,007–0,043 %. В селитебной зоне этот показатель несколько выше, чем в промышленной. Однако статистически не значимой разницы по этому показателю между разными функциональными зонами не установлено. По степени засоления хлоридами почвогрунты всех функциональных зон являются незасоленными, это свидетельствует о том, что применение песко-солевой смеси как антигололедного реагента на территории г. Йошкар-Олы не приводит к солевой нагрузке на почвы.

1. Азовцева Н. А., Смагин А. В. Динамика физических и физико-химических свойств городских почв при использовании солевых противогололедных средств // Почвоведение. 2018. № 1. С. 118−128. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32312342 (дата обращения: 15.01.2021).

2. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 1972. Вып. V. С. 36−40.

3. Божевольнов Е. А. Люменесцентный анализ неорганических веществ М. : Химия, 1996. 415 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01005978852 (дата обращения: 13.09.2021).

4. 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. № 4. С. 171−177. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sezonnye-izmeneniya-soderzhaniya-protivogololednyh-sredstv-v-dernovo-podzolistoy-pochve-v-laboratornom-i-polevom-eksperimentah (дата обращения: 19.09.2021).

5. Иванищев В. В., Евграшкина Т. Н., Бойкова О. И., Жуков Н. Н. Засоление почвы и его влияние на растения // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2020. № 3. С. 28−42. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zasolenie-pochvy-i-ego-vliyanie-na-rasteniya (дата обращения: 19.09.2021).

6. Кулакова Н. Ю., Шабанова Н. П. Засоление почв – одна из проблем городского озеленения // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2019. № 54. С. 127−131. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38196191 (дата обращения: 19.09.2021).

7. Митякова И. И., Иванова Р. Р., Терентьев Д. В. Оценка экологического состояния почв г. Йошкар-Олы // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 1 (45). С. 75–89. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42912682 (дата обращения: 16.09.2021).

8. Митякова И. И., Медведкова Е. А., Егошина Е. Ю., Токарева Н. А., Павлова Е. Н. Экологическое состояние почвы урбанизированных территорий общего и ограниченного пользования при ландшафтном анализе объектов Йошкар-Олы Республики Марий Эл // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 7. С. 13−15. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29810103 (дата обращения: 13.09.2021).

9. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е., Власов Д. В. Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями. // Фундаментальные исследования. 2014. № 11−2. С. 340–347. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23319640 (дата обращения: 11.09.2021).

10. Пироговская Г. В., Хмелевский С. С. Содержание натрия, хлоридов и сульфатов в почвах г. Минска // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 1 (44). С. 243−254. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35534580 (дата обращения: 25.08.2021).

11. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16339683 (дата обращения: 30.08.2021).

12. Самтанова Д. Э. Мониторинг содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пластовых водах нефтяных месторождений Северо-Западного Прикаспия. // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=10051 (дата обращения: 22.01.2021).

13. Сторчак Т.В. Оценка степени загрязнения почв города Нижневартовска // Вестник НВГУ. 2012. № 1. С. 62−68.URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-stepeni-zagryazneniya-pochv-goroda-nizhnevartovska (дата обращения: 25.01.2021).

14. Тютюнник Ю. Г. Разнообразие почв урбанизированного ландшафта // Биосфера. 2014. № 2. С. 187−195. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21723877 (дата обращения: 19.01.2021).

15. Хомич В. С., Кукарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск : РУП «Минсктиппроект», 2004. 260 с.

16. Хомяков Д. М., Чекулаева Е. А. Воздействие хлоридных противогололедных реагентов на засоление почв // Агроэкологическая оптимизация земледелия / Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 2004. С. 505−508.

17. Якубов Х. Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений Москвы. М. : ООО «Стагирит Н», 2005. 264 с.

18. Berkheimer S. F., Hanson E. Deicing salts reduce cold hardiness and increase flower bud mortality of highbush blueberry // J. Am. Soc. Horticult. Sci. 2006. Vol. 131, P. 11–16. DOI: https://doi.org/10.21273/JASHS.131.1.11

19. Bryson M. G., Barker A. V. 2002. Sodium accumulation in soils and plants along Massachusetts roadsides // Communications in Soil Science and Plant Analysis Vol. 33. P. 67–78. DOI: https://doi.org/10.1081/CSS-120002378

20. Czerniawska-Kusza I., Kusza G., Duzyński M. Effect of deicing salts on urban soils and health status of roadside trees in the Opole Region // Environmental toxicology. 2004. Vol. 19. P. 296−301. DOI: https://doi.org/10.1002/tox.20037

21. Harris J. A. The biology of soils in urban areas // Soils in the urban environment. Oxford. 1991. Pp. 139−152. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444310603.ch8

22. Mullins C. E. Physical properties of soils in urban areas // Soils in the Urban Environments. Oxford. 1991. Pp. 87−118. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444310603.ch6

Статья поступила в редакцию 17.09.2021 г.; одобрена после рецензирования 02.10.2021 г.; принята к публикации 15.10.2021 г.

Об авторах

Закамская Елена Станиславовна
кандидат биологических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3204-2892, *zakamskay@mail.ru*

Скочилова Елена Анатольевна
кандидат биологических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4553-508X, *skochilova@inbox.ru*

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Azovtseva N. A., Smagin A. V. Dinamika fizicheskikh i fiziko-khimicheskikh svoistv gorodskikh pochv pri ispol'zovanii solevykh protivogololednykh sredstv [Dynamics of physical and physicochemical properties of urban soils under the effect of ice-melting salts]. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science, 2018, no 1, pp. 118−128. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32312342. (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

2. Bazilevich N. I., Pankova E. I. Opyt klassifikatsii pochv po soderzhaniyu toksichnykh solei i ionov [Experience of soil classification according to the content of toxic salts and ions]. *Byul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva* = Dokuchaev Soil Bulletin, 1972, iss. 5, pp. 36−40. (In Russ.).

3. Bozhevolnov E. A. Lyumenestsentnyi analiz neorganicheskikh veshchestv [Luminescent analysis of inorganic substances] Moscow, Khimiya Publ., 1996, 415 p. Available at: https://search.rsl.ru/ru/record/01005978852 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

4. Gerasimov A. O., Chugunova M. V., Polyak Yu. M. Sezonnye izmeneniya soderzhaniya protivogololednykh sredstv v dernovo-podzolistoi pochve v laboratornom i polevom eksperimentakh [The seasonal changes in the content of de-icing salts in sod-podzol soil in laboratory and field experiments]. *Biosfera* = Biosphere, 2019, no. 4, pp. 171−177. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sezonnye-izmeneniya-soderzhaniya-protivogololednyh-sredstv-v-dernovo-podzolistoy-pochve-v-laboratornom-i-polevom-eksperimentah (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

5. Ivanishchev V. V., Evgrashkina T. N., Boikova O. I., Zhukov N. N. Zasolenie pochvy i ego vliyanie na rasteniya [Soil salinization and its influence the plants]. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* = News of the Tula State University. Sciences of Earth, 2020, no. 3, pp. 28−42. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/zasolenie-pochvy-i-ego-vliyanie-na-rasteniya (accessed: 19.09.2021). (In Russ.)

6. Kulakova N. Yu., Shabanova N. P. Zasolenie pochv – odna iz problem gorodskogo ozeleneniya [Soil salinization − one of the urban greening problem]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* = Actual Issues of the Forestry Complex, 2019, no. 54, pp. 127−131. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=38196191 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

7. Mityakova I. I., Ivanova R. R., Terentiev D. V. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya pochv g. Yoshkar-Oly [The assessment of Yoshkar-Ola soils' ecological state]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*. = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: "Forest. Ecology. Nature Management", 2020, no. 1 (45), pp. 75–89. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=42912682 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

8. Mityakova I. I., Medvedkova E. A., Egoshina E. Yu., Tokareva N. A., Pavlova E. N. Ekologicheskoe sostoyanie pochvy urbanizirovannykh territorii obshchego i ogranichennogo pol'zovaniya pri landshaftnom analize ob"ektov Yoshkar-Oly Respubliki Marii El [Ecological state of soil of urbanized territories of general and limited use in landscape analysis of Yoshkar-Ola objects Republic of Mari El]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* = International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2017, no. 7, pp. 13−15. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=29810103 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

9. Nikiforova E. M. Kosheleva N. E., Vlasov D. V. Monitoring zasoleniya snega i pochv Vostochnogo okruga Moskvy protivogololednymi smesyami [Monitoring of snow and soils salinization by de-icing compounds in eastern administrative okrug of Moscow]. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research, 2014, no. 11−2, pp. 340–347. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=23319640 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.)

10. Pirogovskaya G. V., Khmelevsky S. S. Soderzhanie natriya, khloridov i sul'fatov v pochvakh g. Minska [Content of exchange and water-soluble sodium, chlorides and sulphates in soils of Minsk]. *Pochvovedenie i agrokhimiya* = Soil Science and Agrochemistry, 2010, no. 1 (44), pp. 243−254. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=35534580 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

11. Prokofyeva T. V, Martynenko I. A, Ivannikov F. A. Sistematika pochv i pochvoobrazuyushchikh porod Moskvy i vozmozhnost' ikh vklyucheniya v obshchuyu klassifikatsiyu [Classification of Moscow soils and parent materials and its possibile inclusion in the classification system of Russian soils]. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science, 2011, no 5, pp. 611–623. Available from: https://elibrary.ru/item.asp?id=16339683 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.)

12. Samtanova D. E. Monitoring soderzhaniya khlorid-ionov i sul'fationov v plastovykh vodakh neftyanykh mestorozhdenii Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Monitoring of chloride ions and sulfate ions in the formation water oil fields of the North-West Caspian]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. Surgery, 2013, no. 5. Available at: https://science-education.ru/ru/article/view?id=10051 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

13. Storchak T. V. Otsenka stepeni zagryazneniya pochv goroda Nizhnevartovska [Estimation of soil contamination level in the city of Nizhnevartovsk]. *Vestnik NVGU* = Bulletin of Nizhnevartovsk State University, 2012, no. 1, pp. 62−68. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-stepeni-zagryazneniya-pochv-goroda-nizhnevartovska (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).

14. Tyutyunnik Yu. G. Raznoobrazie pochv urbanizirovannogo landshafta [Soil variability in an urbanized landscape]. *Biosfera* = Biosphere, 2014, no. 2, pp. 187−195. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=21723877 (accessed: 19.09.2021). (In Russ.)

15. Khomich V. S., Kukareka S. V., Kukharchik T. I. Ekogeokhimiya gorodskikh landshaftov Belarusi [Ecogeochemistry of urban landscapes of Belarus]. Minsk, RUP "Minsktipproekt" Publ., 2004, 260 p. (In Russ.).

16. Khomyakov D. M., Chekulaeva E. A. Vozdeistvie khloridnykh protivogololednykh reagentov na zasolenie pochv [Effect of chloride de-icing agents on soil salinity]. *Agroekologicheskaya optimizatsiya zemledeliya* = Agroecological optimization of agriculture, Kursk, 2004, pp. 505−508. (In Russ.).

17. Yakubov H. G. Ekologicheskii monitoring zelenykh nasazhdenii Moskvy [Environmental monitoring of green plantations in Moscow]. Moscow, OOO "Stagirit N" Publ., 2005, 264 p. (In Russ.).

18. Berkheimer S. F., Hanson E. Deicing salts reduce cold hardiness and increase flower bud mortality of highbush blueberry. *J. Am. Soc. Horticult. Sci.,* 2006, vol. 131, pp. 11–16. DOI: https://doi.org/10.21273/JASHS.131.1.11 (In Eng.).

19. Bryson M. G, Barker A. V. Sodium accumulation in soils and plants along Massachusetts roadsides. *Communications in Soil Science and Plant Analysis,* 2002, vol. 33, pp. 67–78. DOI: https://doi.org/10.1081/CSS-120002378 (In Eng.).

20. Czerniawska-Kusza I., Kusza G., Duzyński M. Effect of deicing salts on urban soils and health status of roadside trees in the Opole Region. *Environmental toxicology*, 2004, vol. 19, pp. 296−301. DOI: https://doi.org/10.1002/tox.20037 (In Eng.).

21. Harris J. A. The biology of soils in urban areas. *Soils in the urban environment*, Oxford, 1991, pp. 139−152. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444310603.ch8 (In Eng.).

22. Mullins C. E. Physical properties of soils in urban areas. *Soils in the Urban Environments*, Oxford, 1991, pp. 87−118. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444310603.ch6 (In Eng.).

The article was submitted 17.09.2021; approved after reviewing 02.10.2021; accepted for publication 15.10.2021.

About the authors

Elena S. Zakamskaya
Ph. D. (Biology), Associate Professor, Mari State University (1, Lenin Sq., 424000 Yoshkar-Ola, Russian Federation), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3204-2892, *zakamskay@mail.ru*

Elena A. Skochilova
Ph. D. (Biology), Associate Professor, Mari State University (1, Lenin Sq., 424000 Yoshkar-Ola, Russian Federation), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4553-508X, *skochilova@inbox.ru*

All authors have read and approved the final manuscript.