

Научная статья

УДК 502.55+504.056

doi: 10.55186/25876740_2025_68_4_522

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Н.В. Санникова, О.В. Шулепова

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Аннотация. В статье посредством использования различных методов исследования изучено экологическое состояние двух водных объектов (пруд Оловянного озера и озеро Цимлянское) на территории Калининского округа г. Тюмени. Анализ проводили по основным физико-химическим и органолептическим показателям воды. По результатам лабораторных исследований отобранных проб воды из водных объектов вода имеет землистый запах при 20°C и 60°C, что соответствует предельно-допустимым концентрациям. Цветность данных объектов варьирует от 36 до 51 градуса цветности, мутность — от 33,4 до 61,6 единицы мутности по формазину на 1 литр. По водородному показателю вода в исследуемых объектах характеризуется как слабощелочная от 7,3 (пруд Оловянного озера) до 7,5 (озеро Цимлянское). Химические исследования показали, что в пробах поверхностной воды озера Цимлянское имеются превышения предельно-допустимых концентраций по следующим веществам: химическое потребление кислорода — в 7,6 раза, биохимическое потребление кислорода при анализе на 5 сутки — в 17,5 раза. В пробах воды пруда Оловянного озера превышение отмечено по химическому потреблению кислорода в 4,1 раза, биохимическое потребление кислорода при анализе на 5 сутки — в 13 раз, хлоридов — в 1,5 раза, фосфат-ионов — в 4,5 раз. Превышения предельно-допустимых концентраций по сульфат-ионам и растворенному кислороду не отмечено. По результатам биотестирования наибольшая всхожесть растений была отмечена на контрольном варианте (92%), что выше 2 и 3 вариантов на 4 и 12% соответственно. Состояние водных объектов на территории Калининского округа г. Тюмени оценивается как очень грязное, что подтверждается расчетом индекса загрязнения воды (индекс загрязнения воды озера Цимлянское — 7,6, пруда Оловянного озера — 7,2) и проведенным биотестированием.

Ключевые слова: водный объект, загрязнение, окружающая среда, экология, урбанизация, город, индекс загрязненности, биотестирование

Original article

ECOLOGICAL STATUS WATER BODIES OF THE URBAN ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF TYUMEN

N.V. Sannikova, O.V. Shulepova

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

Abstract. The article uses various research methods to study the ecological state of two water bodies (Olovyanikov Pond and Lake Tsimlyanskoe) on the territory of the Kalininsky District of Tyumen. The analysis was carried out according to the basic physico-chemical and organoleptic parameters of water. According to the results of laboratory studies of water samples taken from water bodies, the water has an earthy odor at 20°C and 60°C, which corresponds to the maximum permissible concentrations. The chromaticity of these objects varies from 36 to 51 degrees of chromaticity, turbidity from 33.4 to 61.6 units of turbidity according to formazine per 1 liter. According to the hydrogen index, the water in the studied objects is characterized as slightly alkaline from 7.3 (Olovyanikov Pond) to 7.5 (Lake Tsimlyanskoe). Chemical studies have shown that in samples of the surface water of Lake Tsimlyanskoe, there are exceedances of the maximum permissible concentrations for the following substances: chemical oxygen consumption by 7.6 times, biochemical oxygen consumption by 17.5 times when analyzed on day 5. In the water samples of the Olovyanikov Pond, the excess was noted in terms of chemical oxygen consumption by 4.1 times, biochemical oxygen consumption by 13 times, chlorides by 1.5 times, phosphate ions by 4.5 times. There was no excess of the maximum permissible concentrations for sulfate ions and dissolved oxygen. According to the results of biotesting, the highest germination of plants was noted in the control variant (92%), which is higher than the 2nd and 3rd variants by 4 and 12%, respectively. The state of water bodies on the territory of the Kalininsky district Tyumen is assessed as very dirty, which is confirmed by the calculation of the water pollution index (water pollution index of Lake Tsimlyanskoe — 7.6, Olovyanikov Pond — 7.2) and conducted biotesting.

Keywords: water body, pollution, environment, ecology, urbanization, city, pollution index, biotesting

Введение. Изучение водных объектов в городской среде становится все более актуальным в условиях урбанизации и изменения климата [11, 16, 17]. Эти объекты не только влияют на экологическое состояние города, но и играют важную роль в жизни его жителей [13, 14].

Однако водные объекты подвергаются ряду негативных воздействий, таких как: загрязнение от промышленных отходов, увеличение температуры воды из-за изменений климата, потеря биологического разнообразия, заиливание и ухудшение качества воды и многое другое [1, 6, 9]. Понимание этих проблем помогает разрабатывать эффективные стратегии для улучшения состояния водных ресурсов и минимизации их негативного воздействия на окружающую среду [3, 4, 7, 18].

На сегодняшний день, благодаря федеральному проекту «Сохранение уникальных водных объектов», гидрографическую сеть страны удалось оздоровить более чем на 417 км. По завершении национального проекта «Экология» и по распоряжению президента РФ В.В. Путина, реализация объединенного федерального проекта по оздоровлению водных объектов запланирована на 2025 г. Этот новый проект будет длиться до 2030 г. и позволит улучшить качество жизни как минимум 80 миллионов россиян [19].

Водные объекты играют важную роль в жизни городов, и их ценность проявляется в различных аспектах:

— Экологические услуги: водные объекты способствуют поддержанию биоразнообразия

и предоставляют экосистемные услуги, такие как очистка воды и регулирование климата [15].

- Эстетическая привлекательность: наличие рек, озер и фонтанов улучшает визуальную атмосферу городов, делая их более привлекательными для жителей и туристов [2].
- Социальные и рекреационные возможности: водные объекты создают условия для досуга и отдыха, включая прогулки, рыбалку и водные виды спорта, что способствует повышению качества жизни [10].
- Экономическое развитие: водоемы могут стать центрами притяжения для бизнеса, включая гостиницы, рестораны и туристические услуги, что, в свою очередь, увеличивает экономическую активность [12].



Цель исследования: изучить экологическое состояние водных объектов с использованием индекса загрязнения воды (ИЗВ) на территории Калининского округа г. Тюмени.

Материалы и методы исследований. Исследуемая городская территория относится к Западно-Сибирской равнине, лесной и лесостепной равнинным широтно-зональным областям [5, 8, 11]. Климат континентальный с низкими температурами воздуха в зимний период, ветрами значительных скоростей и избыточным увлажнением летом [5, 8, 11].

Объектами исследований на территории города Тюмени выбраны 2 водоема:

1. Озеро Цимлянское (изначально образованное как пруд для ирригации) расположено на реке Бабарынке в Калининском округе г. Тюмени (улица Веселая). Происхождение водоема искусственное. В половодье и период проливных дождей, когда озеро переполняется, вода прорывается через плотину и уходит в р. Бабарынку. Берега водоема преимущественно пологие. (рис. 1).

2. Пруд Оловянного располагает в Калининском округе г. Тюмени (Лесопарк Затюменский), рядом с р. Бабарынка, водообмен замедленный, непроточный (рис. 2). Пруд создан И.П. Колокольниковым в 1895 г., который питается водами р. Бабарынка.

Вблизи исследуемых водных объектов расположены жилые районы и автомагистрали, что способствует поступлению загрязняющих веществ. Местные жители рассматривают эти водные объекты как зоны для отдыха.

Методы исследований.

1. Отбор проб воды водных объектов производился в летний период 2023 г. в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб». Для характеристики качества вод были использованы нормативы для воды водных объектов культурно-бытового водопользования согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

2. Лабораторные исследования отобранных проб воды выполняли в аккредитованной лаборатории согласно нормативным документам (НД) на методику испытаний (табл. 1).

3. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) рассчитывается по формуле:

$$ИЗВ = \sum (C/ПДК) / 6,$$

где С — концентрация трех наиболее значительных загрязнителей; ПДК (предельно-допустимые концентрации) — значение загрязнителя согласно нормативным документам.

Определяется ИЗВ согласно рисунку 3.

I	• < 0,2 (очень чистая)
II	• 0,2-1,0 (чистая)
III	• 1,0-2,0 (умеренно загрязненная)
IV	• 2,0-4,0 (загрязненная)
V	• 4,0-6,0 (грязная)
VI	• 6-10 (очень грязная)
VII	• > 10,0 (чрезвычайно грязная)

Рисунок 3. Индекс загрязнения воды
Figure 3. Index of water pollution



Рисунок 1. Озеро Цимлянское
Figure 1. Lake Tsimlyanskoye



Рисунок 2. Пруд Оловянного
Figure 2. Olovyanikov Pond



4. Токсичность воды определяли методом биотестирования. В качестве тестового материала использовали семена кресс-салата (*Lepidium sativum*), которые размещались в чашках Петри по 25 шт., повторность 3-кратная. Схема эксперимента по биотестированию была представлена двумя вариантами и контролем. На протяжении 7 дней наблюдений образцы периодически поливались водой из водоемов и чистой водой (контроль). В течение эксперимента фиксировалась всхожесть семян, а в конце проводились измерения морфометрических

характеристик (длина корней и надземной части растений).

Результаты исследований. Отбор проб воды в водных объектах проводился по стандартным показателям. По результатам лабораторных исследований отобранных проб воды из водных объектов получены следующие данные по органолептическим показателям (табл. 2). Вода имеет землистый запах при 20°C и 60°C, что соответствует ПДК. Цветность данных объектов варьирует от 36 до 51 градус цветности, а мутность — от 33,4 до 61,6 ЕМФ.

Таблица 1. Показатели отобранных проб воды
Table 1. Indicators of selected water samples

№	Наименование определяемого показателя	Ед. измерения	НД на методику испытаний
1	Запах при 20°C	балл	РД 52.54496-2018
2	Запах при 60°C	балл	РД 52.54496-2018
3	Цветность	градус цветности	ГОСТ 31868 п.5
4	Мутность	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2.4.213-05 п.8.3.2
5	Водородный показатель	Ед. рН	ПНД Ф 14.1:2.4. 121-97
6	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.4.123-97 (амперметрический метод)
7	Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.3.100-97
8	Хлориды	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.3.96-97
9	Сульфат-ионы	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.159-200
10	Фосфат-ионы	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.4.112-97
11	Растворенный кислород	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.3.101-97

Таблица 2. Органолептические показатели проб воды
Table 2. Organoleptic parameters of water samples

№	Наименование определяемого показателя	Ед. измерения	Результаты измерений		ПДК
			озеро Цимлянское	пруд Оловянного	
1	Запах при 20°C	балл	2 землистый	2 землистый	2
2	Запах при 60°C	балл	2 землистый	2 землистый	2
3	Цветность	градус цветности	51	36	-
4	Мутность	ЕМФ	33,4	61,6	-



По результатам исследований отмечено, что по водородному показателю вода в объектах исследований характеризуется как слабощелочная от 7,3 (пруд Оловянного) до 7,5 (озеро Цимлянское).

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», данные исследований проб поверхностной воды показали в озере Цимлянское превышения ПДК по двум веществам: ХПК — в 7,6 раза, БПК₅ — в 17,5 раза. В пробах воды пруда Оловянного превышения наблюдались по следующим веществам: ХПК — в 4,1 раза, БПК₅ — в 13 раз, хлоридов — в 1,5 раза, фосфат-ионов — в 4,5 раз. Поступление загрязняющих веществ через поверхност-

ный сток и процессы разложения растительных остатков в воде могут быть причиной превышения предельно допустимых концентраций по данным веществам.

Превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) по сульфат-иону и растворенному кислороду не отмечено (рис. 4).

Для оценки степени загрязнения водных объектов был рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ), который соответствует 6 классу (очень грязная). Согласно расчетам ИЗВ озера Цимлянское он составил 7,6, пруда Оловянного — 7,2.

Биотестирование, в частности фитотестирование, позволяет оценить степень токсичности природных вод. На протяжении семи дней отслеживалась всхожесть растений и изменения

морфометрических характеристик. На третий день фиксировалась всхожесть семян, на седьмой день проводились измерения проростков и корневой системы тестового объекта (рис. 5).

Согласно результатам исследований, на третий день максимальную всхожесть растений показал 1 вариант — 92%. Во 2 и 3 вариантах всхожесть семян составила 88 и 80% соответственно (рис. 6).

На седьмой день длина надземной части растений 3 варианта оказалась наименьшей в сравнении с двумя другими вариантами. Разница длины корневой системы между 3 вариантом и контролем составила 6 см.

По данным измерений, проведенных на седьмой день, отмечено, что наименьшая интенсивность развития тест-объекта наблюдается в 3 варианте. Возможно, присутствующие в воде изучаемых водных объектов загрязняющие вещества отрицательно влияют на рост и развитие растений (рис. 7).

Заключение. Согласно результатам исследований, состояние водных объектов на территории Калининского округа г. Тюмени оценивается как очень грязное, что подтверждается расчетом индекса загрязнения воды и проведенным биотестированием. Ценность водных объектов в городской жизни многогранна, они требуют бережного отношения и грамотного управления для их сохранения и улучшения.

Список источников

1. Demin, E.A., Barabanshchikova, L.N. (2021). Mineral fertilizers influence on the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium in corn area grown in the forest-steppe zone of Trans-Urals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, June 16-19, 2021*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering, vol. 839. Krasnoyarsk, IOP Publishing Ltd, p. 22080. doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022080
2. Евтушкова Е.П., Солошенко А.И. Социо-эколого-экономические аспекты устойчивого развития территории // Московский экономический журнал. 2021. № 8. doi: 10.24411/2413-046X-2021-10504
3. Iglonikov, A., Kulyasova, O., Sannikova, N. (2022). Reclamation of Mechanically Disturbed Soils Using Forest Plantations. *XIV International Scientific Conference "INTERAGRO-MASH 2021": Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Volume 1, Rostov-on-Don, February 24-26, 2021*. Rostov-on-Don, Springer Verlag, pp. 395-403. doi: 10.1007/978-3-030-81619-3_45
4. Шулепова О.В., Ковалева О.В., Санникова Н.В., Бочарова А.А. Использование природного сорбента в птицеводстве // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 131-140. doi: 10.36718/1819-4036-2022-6-131-140
5. Moiseeva, K.V., Shulepova, O.V. (2021). The quality of spring wheat and barley grain under the influence of protective-stimulating preparations in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021*. Michurinsk, p. 012062. doi: 10.1088/1755-1315/845/1/012062

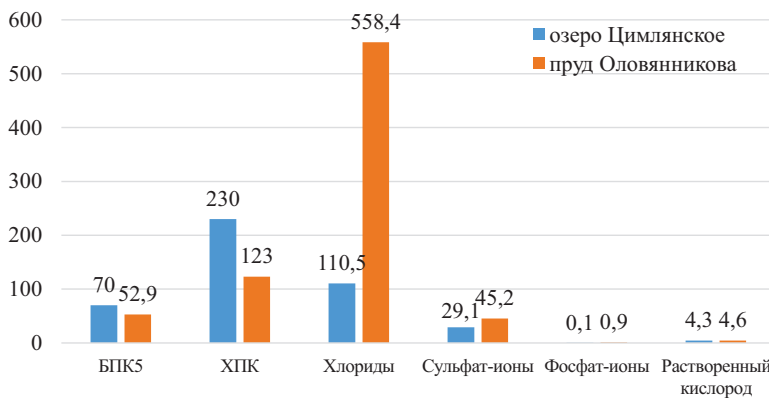


Рисунок 4. Химические показатели проб воды, мг/дм³
Figure 4. Chemical parameters of water samples, mg/dm³



Рисунок 5. Схема эксперимента
Figure 5. Experimental design

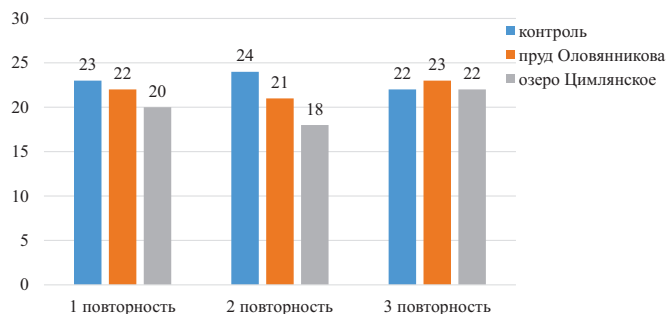


Рисунок 6. Всхожесть семян кресс-салата на 3 сутки, шт.
Figure 6. Germination of cress seeds for 3 days, pcs.

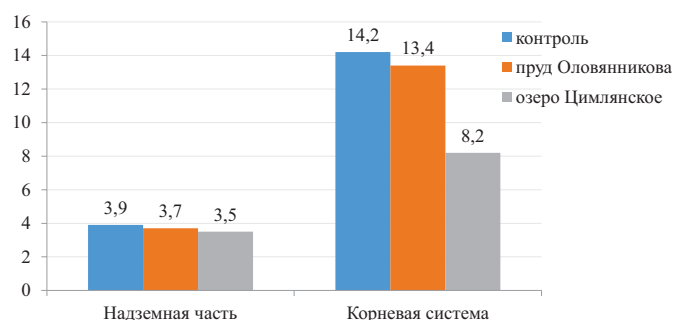


Рисунок 7. Длина корневой системы и надземной части растений на 7 сутки, см
Figure 7. The length of the root system and the aboveground part of plants on day 7, cm



6. Санникова Н.В., Шулепова О.В., Ковалева О.В. Оценка видовой разнообразия растительности в рекреационной зоне водного объекта города Тюмени // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (64). С. 54-60.
7. Санникова Н.В., Шулепова О.В., Алексеева П.В. Использование осадка сточных вод в составе почвогрунтов для рекультивации нарушенных земель в условиях Крайнего Севера // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10 (199). С. 30-40. doi: 10.36718/1819-4036-2023-10-30-40
8. Shakhova, O.A., Yakubshina, L.I. (2022). Formation of a stable yield of grain crops in various meteorological conditions in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, November 18-20, 2021*. Krasnoyarsk, IOP Publishing Ltd, p. 022022. doi: 10.1088/1755-1315/981/2/022022
9. Shulepova, O., Sannikova, N., Bocharova, A. (2023). Biological treatment of plant waste water. *E3S Web of Conferences: EBWFF 2023 — International Scientific Conference Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (Part 1), Blagoveschensk, Amur region, Russia, May 22-25, 2023*, vol. 420. Blagoveschensk, Amur region, Russia: EDP Sciences, p. 07009. doi: 10.1051/e3sconf/202342007009
10. Kondratenko, I., Gudoshnikova, Yu., Kotova, O., Agapitova, L. (2024). Sustainable practices in the agro-industrial complex: A pathway to enhanced ecological stewardship. *E3S Web of Conferences*, vol. 541, p. 03001. doi: 10.1051/e3sconf/202454103001
11. Ufimtseva, M., Kuznetsov, S. (2023). Remote sensing data for monitoring water mirror of lake ecosystems. *E3S Web of Conferences: International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2022), Tashkent, Uzbekistan, January 25-28, 2023*, vol. 371. Tashkent, Uzbekistan: EDP Sciences, p. 06028. doi: 10.1051/e3sconf/202337106028
12. Galiakberova, V., Kharlamov, M., Mamaeva, M. et al. (2024). Urban green spaces as a factor in the sustainable development of megacities. *Bio Web of Conferences: IV International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure for Sustainable Development (AEGISD-IV 2024), Tashkent, Uzbekistan, March 28-30, 2024*, vol. 105. Les Ulis: EDP Sciences — Web of Conferences, p. 06009. doi: 10.1051/bioconf/202410506009
13. Shabanov, V.A., Shabanova, A.V. (2017). Upravlenie kachestvom gorodskoi sredy: dva podkhoda k reabilitatsii vodnykh ob'ektov [Quality management of the urban environment: two approaches to rehabilitation of water bodies]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International research journal]*, no. 7-2 (61), pp. 51-58. doi: 10.23670/IRJ.2017.61.096
14. Shulepova, O.V., Sannikova, N.V. (2024). Izuchenie rastitel'nosti vodnykh ob'ektov gorodskoi sredy [Study of vegetation of water bodies of the urban environment]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal [International agricultural journal]*, no. 4 (400), pp. 483-486. doi: 10.55186/25876740_2024_67_4_483
15. Shulepova, O.V., Sannikova, N.V., Bocharova, A.A. (2023). Razrabotka poleznoi modeli dlya doochistki stochnykh vod v usloviyakh lesostepnoi zony Zauralya [Development of a utility model for wastewater treatment in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal [International agricultural journal]*, no. 5 (395), pp. 540-544. doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_540
16. Shulepova, O.V., Sannikova, N.V. (2023). Razrabotka rekomendatsii po revitalizatsii ob'ekta obvodnenniy kar'er «Severnyy» g. Tyumeni [Development of recommendations for the revitalization of the object watered quarry "Severnyy" Tyumen]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]*, no. 2 (73), pp. 47-51.
17. Shulepova, O.V., Sannikova, N.V. (2023). Sravnitel'naya kharakteristika flory vodnykh ob'ektov gorodskoi territorii [Comparative characteristics of the flora of water bodies of urban territory]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]*, no. 4 (75), pp. 32-36.
18. Glazunova, L.A., Litvinenko, A.I., Babushkin, A.A. i dr. (2024). Eksperimental'noe izuchenie roli khvoschka Equisetum fluviatile L. pri achirskoi vspyshe «gaffskoi» bolezni [Ambiguospermental learning roles Horsetail Repeater. at achirskoi vsparyashke "gaffskoi" painful]. *Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]*, no. 3 (204), pp. 90-98. doi: 10.36718/1819-4036-2024-3-90-98
19. <https://digital.gov.ru> — ofitsial'nyi sait Ministerstva tsifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikatsii Rossiiskoi Federatsii [official website of the Ministry of digital development, communications and mass media of the Russian Federation].
18. Глазунова Л.А., Литвиненко А.И., Бабушкин А.А. и др. Экспериментальное изучение роли хвоща *Equisetum fluviatile* L. при ачирской вспышке «гаффской» болезни // Вестник КрасГАУ. 2024. № 3 (204). С. 90-98. doi: 10.36718/1819-4036-2024-3-90-98
19. <https://digital.gov.ru> — официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

References

Информация об авторах:

Санникова Наталья Владиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-3877>, Scopus ID: 57222524073, Researcher ID: HKV-8211-2023, SPIN-код: 2206-2670, sannikova-nv7@bk.ru

Шулепова Ольга Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1892>, Scopus ID: 57221632079, Researcher ID: MCX-8517-2025, SPIN-код: 2886-8701, shulepova73@mail.ru

Information about the authors:

Natalya V. Sannikova, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of ecology and rational nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-3877>, Scopus ID: 57222524073, Researcher ID: HKV-8211-2023, SPIN-code: 2206-2670, sannikova-nv7@bk.ru

Olga V. Shulepova, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of ecology and rational nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1892>, Scopus ID: 57221632079, Researcher ID: MCX-8517-2025, SPIN-code: 2886-8701, shulepova73@mail.ru

