



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.6>

UDC 504.064

LBC 20.18

MAPPING OF ACTUAL CONCENTRATIONS OF MOBILE FORMS OF COPPER IN SOILS OF THE NORTHERN INDUSTRIAL COMPLEX OF VOLGOGRAD

Anna A. Tikhonova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Anastasia A. Murtazina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Elizaveta S. Slaykovskaya

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This paper presents an analysis of the results of a study of the actual concentrations of mobile forms of copper in the soil cover of the northern industrial hub of Volgograd within the assumed zone of influence of local sources of anthropogenic impact. As objects of influence on the components of the environment, the following were selected: a ferrous metallurgy enterprise (JSC “VMK “Krasny Oktyabr”) and a multidisciplinary enterprise (JSC “FNPC “Titan-Barricades”) of Volgograd, characterized by the specifics of the location relative to the functional zoning of the city. Sampling was carried out in 2017-2021 at control points at a distance of 0-4.5 km from the enterprises. During the same period, laboratory studies were carried out using the precision method of atomic absorption spectrometry. A map of the results of monitoring the content of mobile forms of copper in the soil cover in the study area is presented. The identified zone of influence of enterprises, taking into account the presence of additional sources of contamination of the soil cover and the MPC of cuprum, instead of its background concentrations, extends 3-3.5 km from the border of the metallurgical enterprise in the form of elongated areas of increased concentrations. It is noted that there are two pronounced foci of pollution located to the west of the operating SPC of the enterprise, as well as a focus of pollution located outside the boundaries of the sanitary protection zones of JSC “VMK “Krasny Oktyabr” and JSC “FNPC “Titan-Barricades”, in the intersection zone of the 2nd longitudinal highway and General Vatutin Street. The data obtained confirm the expediency of organizing regular monitoring of the soil cover in the city as one of the areas of environmental quality assessment.

Key words: Volgograd, environmental monitoring, assessment of the quality of the urban environment, triangulation network, soil cover, heavy metals, cuprum, mapping.

Citation. Tikhonova A.A., Murtazina A.A., Slaykovskaya E.S. Mapping of Actual Concentrations of Mobile Forms of Copper in Soils of the Northern Industrial Complex of Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.6>

КАРТИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МЕДИ В ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО ПРОМУЗЛА г. ВОЛГОГРАДА

Анна Афанасьевна Тихонова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Анастасия Анвяровна Муртазина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Елизавета Сергеевна Слайковская

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей работе представлен анализ результатов исследования фактических концентраций подвижных форм меди в почвенном покрове северного промышленного узла г. Волгограда в пределах предполагаемой зоны влияния локальных источников антропогенного воздействия. В качестве объектов воздействия на компоненты окружающей среды были выбраны: предприятие черной металлургии (АО «ВМК «Красный Октябрь») и многопрофильное предприятие (АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады») г. Волгограда, характеризующиеся спецификой расположения относительно функционального зонирования города. Отбор проб осуществлялся в 2017–2021 гг. в контрольных точках на расстоянии 0–4,5 км от предприятий. В тот же период проводились лабораторные исследования с помощью прецизионного метода атомно-абсорбционной спектроскопии. Представлена картографическая форма визуализации результатов мониторинга содержания подвижных форм меди в почвенном покрове на исследуемой территории. Выявленная зона влияния предприятий с учетом наличия дополнительных источников загрязнения почвенного покрова и ПДК меди, вместо ее фоновых концентраций, простирается на 3–3,5 км от границы металлургического предприятия в виде вытянутых ареалов повышенных концентраций. Отмечается наличие двух явно выраженных очагов загрязнения, расположенных к западу от действующих СПЦ предприятия, а также очаг загрязнения, расположенный за пределами границ санитарно-защитных зон АО «ВМК «Красный Октябрь» и АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады», в зоне пересечения 2-й продольной магистрали и ул. Генерала Ватутина. Полученные данные подтверждают целесообразность организации регулярного мониторинга почвенного покрова на территории города как одного из направлений оценки качества окружающей среды.

Ключевые слова: Волгоград, экологический мониторинг, оценка качества городской среды, триангуляционная сеть, почвенный покров, тяжелые металлы, медь, картирование.

Цитирование. Тихонова А. А., Муртазина А. А., Слайковская Е. С. Картирование фактических концентраций подвижных форм меди в почвах северного промузла г. Волгограда // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 59–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.6>

Вопрос достоверной и объективной оценки и регулярного мониторинга фактического содержания различных загрязняющих веществ в почвенном покрове городских территорий с учетом локального техногенного загрязнения наземных экосистем имеет в настоящее время особую актуальность. В частности, немаловажное значение имеет наблюдение за концентрациями тяжелых металлов, особенно их подвижных форм, так как повышенное содержание металлов и подвижность, в свою очередь, вызывают увеличение содержания этих элементов в произрастающих на подверженных загрязнению территориях растениях.

В РФ с 2019 года разработан и применяется «индекс качества городской среды» – инструмент для оценки качества городской среды и условий ее формирования, который позволяет использовать результаты оценки текущей ситуации для создания рекомендаций по улучшению среды [4; 6]. Одной из целей формирования индекса города и индекса субъекта РФ является «определение текущего состояния городской среды, в том числе конкурентных преимуществ города и ограничений, препятствующих его развитию, актуальных проблем и перспективных направлений развития» [4; 7].

Помимо перечисленных в «Методике формирования индекса качества городской среды» индикаторов [4], стоит отметить, что к критериям, отражающим качество среды и уровень ее экологического благополучия для проживающего в данной местности населения, можно также отнести оценку состояния почвенного покрова, в частности, мониторинг загрязнения почв урбанизированных территорий тяжелыми металлами.

Значимость оценки актуального состояния почвенного покрова городов обусловлена также тем, что почва, как известно, является самой инертной из депонирующих сред и характеризуется медленным естественным вымыванием накапливаемых элементов, что обеспечивает эффект многолетней аккумуляции [8; 10]. При этом, в связи с измененными условиями формирования и функционирования городских почв может происходить увеличение содержания подвижных форм тяжелых металлов в растительности, произрастающей на данной территории [7; 9].

Данный фактор необходимо принимать во внимание, поскольку на территории городов часть населения (в некоторых случаях значительная) проживает в частных домовладениях и, как правило, имеет подсобные хозяйства. Таким образом, культурные растения, произрастающие, к примеру, в зоне влияния крупных объектов транспортной инфраструктуры, металлургических комбинатов или иных локальных источников воздействия на компоненты окружающей среды, могут накапливать микроэлементы до токсических уровней. С учетом перемещения элементов в рамках биогеохимических циклов, загрязнение почв подвижными формами тяжелыми металлами, помимо экологических последствий, может опосредованно, через растения, влиять и на здоровье людей, проживающих на загрязненной территории, что подтверждает целесообразность учета фактического состояния почвенного покрова при оценке качества городской среды [5; 6; 9].

Материал / объект и методы

В рамках настоящего исследования были проанализированы результаты мониторинга содержания тяжелых металлов в город-

ских почвах в предполагаемой зоне влияния локальных источников антропогенного воздействия – предприятия черной металлургии (АО «ВМК «Красный Октябрь»), многопрофильного предприятия (АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады») и объектов городской транспортной инфраструктуры, с учетом специфики их расположения. Стоит отметить, что помимо данных источников воздействия на окружающую среду, на территории северного промзла г. Волгограда расположены ОК «РУСАЛ», АО «Волгоградский Тракторный завод», участки 1-й и 2-й продольной магистралей и часть жилой зоны Краснооктябрьского и Тракторозаводского районов г. Волгограда. Подбор информации осуществлялся методом анализа нормативных и библиографических источников, научных периодических изданий, материалов конференций, диссертационных исследований, а также анализа результатов полевых и лабораторных исследований содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах исследуемой территории за 2017–2021 гг. Формирование картосхемы загрязнения почв подвижными формами меди производилось при помощи специализированного программного обеспечения.

АО ВМК «Красный Октябрь» г. Волгограда относится ко II классу опасности, входит в состав северного промышленного узла г. Волгограда, является одним из крупнейших производителей качественного металлопроката специальных марок стали для предприятий автомобилестроения и авиационной промышленности, химического, нефтяного и энергетического машиностроения, нефтегазодобывающей промышленности в РФ, и, следовательно, помимо транспортной сети, относится к одним из основных источников поступления тяжелых металлов в окружающую среду г. Волгограда, внося существенный вклад в формирование качества среды, ее отдельных компонентов и общего экологического благополучия [6; 10].

АО «Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады» – Волгоградское предприятие металлургической промышленности, являющееся одним из крупнейших многопрофильных (направлено на машиностроение, обеспечение оборонной и гражданской техникой) предприятий отечественного комп-

лекса России. Основными загрязнителями, входящими в состав выбросов АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады», являются сернистый ангидрид, оксид углерода, окислы азота, железа хром марганец, бутилацелат [5]. Предприятие также ходит в состав северного промышленного узла г. Волгограда и вносит существенный вклад в формирование качества среды и ее отдельных компонентов на данной территории.

Оценка загрязнения почвенного покрова в зоне влияния предприятия базировалась на изучении содержания подвижных форм меди – одного из типичных представителей выбросов предприятий и транспортных объектов, относящейся ко II классу опасности и имеющей разработанные нормативы ПДК [1], то есть нормируемой по содержанию в почве и подлежащей контролю в рамках системы экологического мониторинга. Отбор проб почвы производился на основе равномерной разноуровневой триангуляционной сети в контрольных точках на расстоянии 0–4,5 км от предприятий [3; 6]. Определение содержания подвижных форм указанного элемента в образцах исследуемой почвы проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии, которая на сегодняшний день является одним из наиболее приоритетных методов определения содержания тяжелых металлов в различных средах [2; 3].

Результаты и обсуждение

По результатам анализа отобранных почвенных образцов методом атомно-абсорбционной спектроскопии были получены данные о концентрациях подвижных форм Cu в каждой точке пробоотбора с учетом допустимого отклонения и сравнение со значениями ПДК для каждого из исследуемых элементов [1; 2]. Картографическая визуализация соотношения полученных концентраций и установленных нормативов ПДК, на примере содержания меди в почвенном покрове зоны влияния АО «ВМК «Красный Октябрь» и АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады» представлена на рисунке ниже.

На основе полученных данных можно отметить, что общая фактическая зона влияния совокупности локальных источников воздействия на окружающую среду с учетом ПДК металла, вместо его фоновой концент-

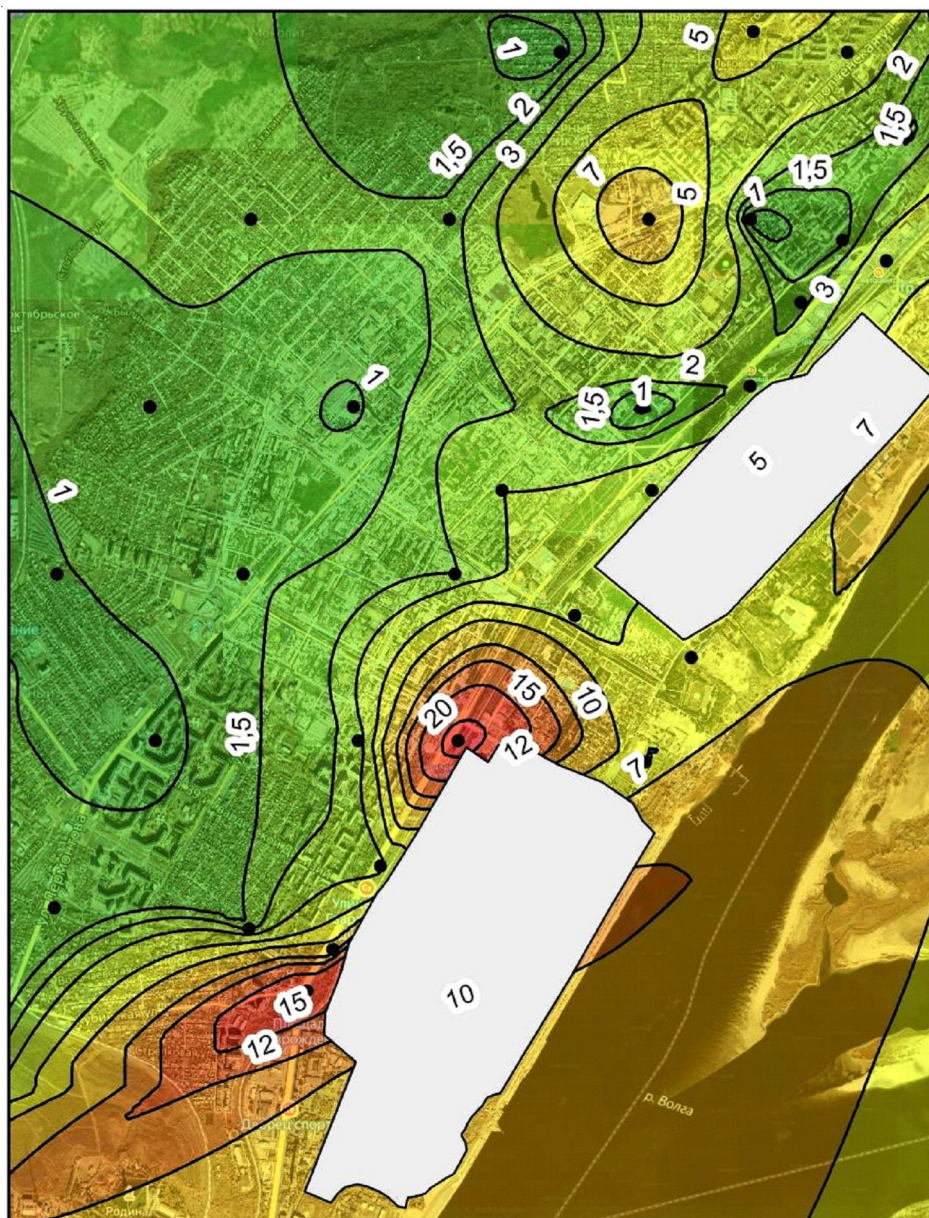
рации, а также с учетом господствующих ветров простирается на 3–3,5 км в северо-западном и юго-западном направлениях.

Данное значение определяет зону влияния, где заметны превышения нормативов содержания металлов в почве и могут наблюдаться негативные тенденции в состоянии природных сообществ, особенно растительного покрова, и косвенно отражаться на показателях здоровья и благополучия проживающего в этой зоне населения) [5; 6; 7].

Кроме того, согласно картосхеме можно отметить наличие двух явно выраженных очагов загрязнения, расположенных к западу от действующих СПЦ предприятия черной металлургии, а также очаг загрязнения, расположенный за пределами границ санитарно-защитных зон АО «ВМК «Красный Октябрь» и АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады», в зоне пересечения 2-й продольной магистрали и ул. Генерала Ватутина. Данный очаг загрязнения предположительно может быть связан с деятельностью других источников промышленного воздействия (например, предприятий, входящих в состав северного промузла г. Волгограда), объектов транспортной инфраструктуры разного уровня (которые также вносят вклад в химическое загрязнение почв и дополняют воздействие промышленных предприятий), либо неблагоприятным экологическим состоянием природных объектов.

Также стоит отметить значительную роль локальной циркуляции воздушных масс при поступлении загрязнителей из атмосферы на почвенный покров. К примеру, распределение элемента в почвенном покрове происходит в виде вытянутых ареалов высоких концентраций, совпадающих по направлению с направлением движения господствующих ветров, что свидетельствует об определяющем влиянии атмосферных выбросов антропогенных источников на почвенный и растительный покров города [9].

Таким образом, можно отметить, что полученные результаты о содержании подвижных форм меди в почвенном покрове исследуемой территории подтверждают целесообразность организации регулярного мониторинга почвенного покрова на территории города как одного из направлений комплексной оценки качества окружающей среды.



Картосхема загрязнения меди почвенного покрова территории северного промышленного узла г. Волгограда (на примере АО «ВМК «Красный Октябрь» и АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады»)
Примечание. Составлено автором.

Заключение

Качество городской среды является результатом совместного воздействия целого спектра факторов, включая особенности географического положения и природно-климатических условий, направлений социально-экономического развития, функционального зонирования и планировочных решений городского пространства, характера и уровня техногенной нагрузки и ее распределения по территории города. В связи с чем вопросы мониторинга городской среды в целом и отдельных ее компонентов, отслеживания динамики их состояния, остаются актуальными для крупных городов и промышленных центров. Целесообразным решением выступает организация универсальной и адаптивной системы регулярного мониторинга почвенного покрова на территории города, с применением общегородской равномерной разноуровневой системы точек пробоотбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 с 1 марта 2021 г.) // Официальный интернет-портал правовой информации. – 15.11.2022 г. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>
2. М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии (утв. и введен в действие 02.06.2008 ООО «Мониторинг») // Информационная система МЕГА-НОРМ. – 18.04.2019 г. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293824/4293824289.htm>
3. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Институт экспериментальной метеорологии, МГУ им. М. В. Ломоносова; под ред. Н. Г. Зырина, С. Г. Малахова. – М.: Гидрометеоздат. Моск. отд-ние, 1981. – 109 с.
4. Распоряжение Правительства РФ № 510-р от 23 марта 2019 г. «Об утверждении методики формирования индекса качества городской среды»

(с изменениями на 30 декабря 2020 года) // АО «Кодекс». – 12.07.2021 г. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/553937399>

5. Тихонова, А. А. Оценка жизненного состояния древесной растительности СЗЗ АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады» г. Волгограда / А. А. Тихонова, Е. А. Иванцова // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 22–27. – DOI: <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2020-13022>

6. Тихонова, А. А. Регулярный мониторинг состояния почв и зеленых насаждений как направление оценки качества городской среды / А. А. Тихонова, А. В. Холоденко // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 5–13. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

7. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития / Е. А. Иванцова, М. В. Постнова, В. А. Сагалаев, А. А. Матвеева, А. В. Холоденко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

8. Elbagermi, M. A. Monitoring of Heavy Metals Content in Soil Collected from City Centre and Industrial Areas of Misurata, Libya / M. A. Elbagermi, H. G. M. Edwards, A. I. Alajta // International Journal of Analytical Chemistry. – Vol. 2013. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/312581>

9. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction / N. V. Onistratenko, E. A. Ivantsova, A. A. Denysov, D. A. Solodovnikov // Ekologia Bratislava. – 2016. – Vol. 35, № 3. – P. 205–212. – DOI: <https://doi.org/10.1515/eko-2016-0016>

10. Tihonova, A. A. Determination of the actual zone of influence of an industrial enterprise on the basis of the quality assessment of the environmental components / A. A. Tihonova, V. V. Yanina, E. A. Eltanskaya // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 483 (2019). – 012030. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/483/1/012030>

REFERENCES

1. SanPiN 1.2.3685-21. Gigenicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya (utverzhdeny Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 №2 s 1 marta 2021 g) [Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” (approved by Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 2 dated 28.01.2021 from March 1, 2021)]. *Official'nyj internet-*

portal pravovoj informacii. 15.11.2022 g. [Official Internet portal of legal information]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>

2. М-МВИ-80-2008 Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli elementov v probah pochv, gruntov i donnyh otlozheniyah metodami atomno-emissionnoj i atomno-absorbcionnoj spektrometrii (utv. i vveden v dejstvie 02.06.2008 ООО «Monitoring») [M-MVI-80-2008 Methods for measuring the mass fraction of elements in samples of soils, grounds and bottom sediments by atomic emission and atomic absorption spectrometry (approved and put into effect 02.06.2008 Monitoring LLC)]. *Informacionnaya sistema MEGA-NORM*. 18.04.2019 g. [Information system MEGA-NORM]. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293824/4293824289.htm>

3. Zyrin N.G., Malahov S.G., eds. *Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu polevyh i laboratornyh issledovanij pochv i rastenij pri kontrole zagryazneniya okruzhayushej sredy metallami* [Guidelines for conducting field and laboratory studies of soils and plants in the control of environmental pollution with metals]. Moscow, Gidrometeoizdat. Mosk. otd-nie, 1981. 109 p.

4. Rasporyazhenie Pravitelstva RF № 510-r ot 23 marta 2019 g. «Ob utverzhdenii metodiki formirovaniya indeksa kachestva gorodskoj sredy» (s izmeneniyami na 30 dekabrya 2020 goda) [Order of the Government of the Russian Federation No. 510-r dated March 23, 2019 “On approval of the methodology for the formation of the urban environment quality index” (as amended on December 30, 2020)]. *AO «Kodeks»*. 12.07.2021 g. [Codex JSC dated July 12, 2021]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/553937399>

5. Tihonova A.A., Ivantsova E.A. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya drevesnoj rastitel'nosti SZZ AO «FNPC “Titan-Barrikady”» g. Volgograda [Dynamics of the vital state of woody vegetation in the sanitary protection zone of JSC «Federal Research

and Production Center «Titan-Barricades» in Volgograd]. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij* [Ecology of urbanized territories], 2020, vol. 3, pp. 22-27. DOI: <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2020-13022>

6. Tikhonova A.A., Kholodenko A.V. Regulyarnyj monitoring sostoyaniya pochv i zelenyh nasazhdenij kak napravlenie ocenki kachestva gorodskoj sredy [Regular Monitoring of the Condition of Soils and Green Plants As a Direction for Assessing the Quality of the Urban Environment]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

7. Ivantsova E.A., Postnova M.V., Sagalaev V.A., et al. Ekologicheskaya ocenka gorodskih aglomeracij na osnove indikatorov ustojchivogo razvitiya [Environmental assessment of urban agglomerations based on sustainable development indicators]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3, Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 3: Economics. Ecology], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 143-156.

8. Elbagermi M.A., Edwards H.G.M., Alajta A.I. Monitoring of Heavy Metals Content in Soil Collected from City Centre and Industrial Areas of Misurata, Libya. *International Journal of Analytical Chemistry*, vol. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/312581>

9. Onistratenko N.V., Ivantsova E.A., Denysov A.A., Solodovnikov D.A. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction. *Ekologia Bratislava*, 2016, vol. 35, no. 3, pp. 205-212. DOI: <https://doi.org/10.1515/eko-2016-0016>

10. Tikhonova A.A., Yanina V.V., Eltanskaya E.A. Determination of the actual zone of influence of an industrial enterprise on the basis of the quality assessment of the environmental components. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 483, 012030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/483/1/012030>

Information About the Authors

Anna A. Tikhonova, Senior Lecturer, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, tikhonova@volsu.ru

Anastasia A. Murtazina, Bachelor, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, EPb-181_311325@volsu.ru

Elizaveta S. Slaykovskaya, Master's Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, epm-221_289361@volsu.ru

Информация об авторах

Анна Афанасьевна Тихонова, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, tikhonova@volsu.ru

Анастасия Анвяровна Муртазина, бакалавр кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, EPb-181_311325@volsu.ru

Елизавета Сергеевна Слайковская, магистрант кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, epm-221_289361@volsu.ru