

Читать
онлайн
Read
onlineМарцев А.А.¹, Селиванов О.Г.¹, Курбатов Ю.Н.¹, Трифонова Т.А.^{1,2}

Загрязнение почв города с машиностроительным производством тяжёлыми металлами и мышьяком и эпидемиологический риск для здоровья населения

¹ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия;²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В работе представлены результаты исследования по оценке эпидемиологического риска для здоровья населения и уровня загрязнения почвы тяжёлыми металлами и мышьяком г. Коврова — крупного промышленного центра Владимирской области.

Материалы и методы. Объекты исследования — заболеваемость населения Ковровского района Владимирской области и почвенный покров Коврова, промышленные предприятия которого специализируются на выпуске машиностроительной продукции. Пробы почвы отбирали в селитебной зоне, вблизи производственных предприятий и автодорог. Почвенный покров исследовали рентгенофлуоресцентным методом для определения содержания тяжёлых металлов и мышьяка.

Результаты. Проведённое исследование по оценке вероятного риска позволило установить, что в Ковровском районе относительно фоновых региональных значений у детей имеется очень высокий риск по десяти классам болезней, у взрослых — по шести классам болезней. Выявлено загрязнение почвы Коврова тяжёлыми металлами и мышьяком, приоритетными загрязнителями являются цинк, свинец и мышьяк, относящиеся к первому классу опасности. Отмечено значительное варьирование содержания тяжёлых металлов в пределах как промышленной, так и селитебной зон. Обнаружено чрезвычайно опасное химическое загрязнение почвы тяжёлыми металлами. Проведённая оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения показала, что селитебная часть города, где проживает основная часть населения, находится в зоне умеренно опасной или опасной категории загрязнения почв.

Ограничения исследования связаны с разовым отбором проб и небольшим количеством реперных участков, что ограничивает возможности более широкой интерпретации полученных данных.

Заключение. Неблагополучное состояние почвенного покрова в селитебной зоне Коврова требует организации и постоянного проведения эколого-гигиенического мониторинга данной территории. Необходимо совершенствование системы очистки газовоздушных выбросов машиностроительных предприятий города, а также эффективное обустройство санитарно-защитных зон для уменьшения объёмов поступающих в почву города загрязняющих веществ и, в частности, тяжёлых металлов. Также необходимы мероприятия по детоксикации загрязнённых почв.

Ключевые слова: здоровье населения; оценка риска; загрязнение почв; тяжёлые металлы; машиностроительное производство

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Трифонова Т.А. Загрязнение почв города с машиностроительным производством тяжёлыми металлами и мышьяком и эпидемиологический риск для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 208–215. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-208-215> <https://elibrary.ru/fjszdv>

Для корреспонденции: Марцев Антон Андреевич, доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир. E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Участие авторов: Марцев А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и статистическая обработка данных, написание текста; Селиванов О.Г. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Курбатов Ю.Н. — лабораторные исследования; Трифонова Т.А. — концепция и дизайн исследования, итоговое структурирование статьи для публикации. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 15.12.2023 / Поступила после доработки: 26.12.2023 / Принята к печати: 11.03.2024 / Опубликовано: 10.04.2024

Anton A. Martsev¹, Oleg G. Selivanov¹, Yuriy N. Kurbatov¹, Tatyana A. Trifonova^{1,2}

Soil pollution of the city with machine-building production by heavy metals and arsenic and epidemiological risk to public health

¹Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation;²Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The paper presents the results of a study for the assessment of the epidemiological risk to public health and the level of soil contamination with heavy metals and arsenic in the city of Kovrov, a large industrial center of the Vladimir region.

Materials and methods. The objects of the study are the morbidity in the population of the Kovrovsky district of the Vladimir region and the soil cover of the city of Kovrov, whose industrial enterprises specialize in the production of machine-building products. Soil samples were taken in the area of industrial enterprises, highways, and residential areas. The soil cover was examined by X-ray fluorescence method to determine the content of heavy metals and arsenic.

Results. The conducted study on the assessment of probable risk allowed establishing in the Kovrov district, relative to background regional values, children to have a very high risk for 10 classes of diseases, adults have a very high risk for 6 classes of diseases. Contamination of the Carpet city soil with heavy metals and arsenic has been established. The priority pollutants of the Kovrov soil are zinc, lead and arsenic, which belong to the first hazard class. There was a significant variation in the content of heavy metals within both industrial and residential zones. Extremely dangerous chemical contamination of the soil with heavy metals has been detected. The assessment of the level of chemical soil pollution, as an indicator of adverse effects on public health, showed the residential part of the city, where most of the residents live, to be located in the zone of moderately dangerous or dangerous category of soil pollution.

Original article

Limitations. The limitations of the study are related to one-time sampling and a small number of reference sites, which limits the possibilities of a broader interpretation of the data obtained.

Conclusion. The unfavourable state of the soil cover in the residential area of Kovrov requires the management and conducting constant ecological and hygienic monitoring of this territory. To reduce pollutants in particular, heavy metals, entering the soil of the city and, it is necessary to improve the system for cleaning gas-air emissions of machine-building enterprises of the city, as well as to ensure the effective arrangement of sanitary protection zones. To reduce the content of heavy metals in the soil, it is necessary to carry out measures to detoxify contaminated soils.

Keywords: public health; risk assessment; soil pollution; heavy metals; machine-building production

Compliance with ethical standards. The study does not require a biomedical ethics committee opinion.

For citation: Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Trifonova T.A. Soil pollution of the city with machine-building production by heavy metals and arsenic and epidemiological risk to public health. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2024; 103(3): 208–215. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-208-215> <https://elibrary.ru/fjszdv> (In Russ.)

For correspondence: Anton A. Martsev, MD, PhD, associate professor of the department of biology and ecology of the Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation. E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Contribution: Martsev A.A. – research concept and design, material collection and statistical data processing, text writing; Selivanov O.G. – material collection and data processing, text writing; Kurbatov Yu.N. – laboratory research; Trifonova T.A. – research concept and design, final structuring of the article for publication. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: December 15, 2023 / Revised: December 26, 2023 / Accepted: March 11 / Published: April 10, 2024

Введение

Машиностроение является одной из важнейших отраслей обрабатывающей промышленности. По данным открытых источников, на долю машиностроительной отрасли России приходится примерно 6% всего объёма производимой в стране продукции, что в свою очередь обуславливает ряд экологических проблем. Все предприятия отрасли несут риски окружающей среде, однако к потенциально наиболее опасным стоит отнести литейное, гальваническое, лакокрасочное, сварочное производства и цеха металлообработки, в результате деятельности которых в окружающую среду попадают различные токсиканты, в том числе тяжёлые металлы [1–3]. На проблемы экологического характера влияют производственный профиль, технический уровень производства, изношенность оборудования, а также использование устаревших технологий. В результате деятельности промышленных организаций машиностроительного профиля происходит загрязнение всех компонентов окружающей среды, в том числе и почвы, которая, являясь элементом среды обитания человека, играет значительную эколого-гигиеническую роль, оказывая влияние на его здоровье и условия проживания. Почва является важным звеном в процессе миграции химических веществ как естественного, так и антропогенного происхождения, приводящей в ряде случаев к формированию природных и техногенных биогеохимических провинций [4]. Стоит отметить, что изменение качества почвы во многом обусловлено антропогенным воздействием. Так, основными причинами загрязнения почвы населённых пунктов являются прежде всего деятельность промышленных предприятий и автотранспорта, увеличение количества твёрдых бытовых отходов, неудовлетворительное состояние канализационных сетей, а также наличие несанкционированных свалок [5, 6]. В то же время почва может быть потенциальным источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха и водоёмов, пищевых продуктов растительного происхождения и кормов для животных, тем самым влияя на эколого-гигиеническую обстановку в целом.

Особенно сильную антропогенную нагрузку испытывают городские почвы, которые в результате поступления из атмосферного воздуха различных химических элементов, в том числе и соединений тяжёлых металлов, претерпевают геохимическую трансформацию, заключающуюся в нарушении структуры и свойств [7–9]. В то же время несанкционированные свалки отходов промышленных производств в черте населённого пункта приводят к появлению локальных техногенных литогеохимических аномалий [10]. Тяжёлые металлы, сорбированные на частичках почвы и пыли, под воздействием ветровой и транспортной эрозии вторично

загрязняют воздух, способствуя росту заболеваемости населения [11]. По химическому составу и геохимическим свойствам городских почв можно вполне точно установить пространственную картину распространения загрязняющих веществ и интенсивность техногенного воздействия [12].

В регионах с преобладанием городского населения, к которым относится и Владимирская область (78,17% населения являются жителями городов¹), токсичные компоненты (тяжёлые металлы и др.), загрязняющие окружающую среду, в том числе почву, значительно повышают риск негативного воздействия на здоровье населения, включая канцерогенный [13, 14]. Во Владимирской области Управлением Роспотребнадзора ежегодно проводится оценка состояния загрязнения почв по таким гигиенически нормируемым химическим элементам двух первых классов опасности, как кадмий, кобальт, медь, никель, цинк, свинец и ртуть. В 2022 г. были исследованы 102 пробы почв, отобранные в селитебных зонах (в том числе на территориях детских учреждений и детских площадок отобрана 41 проба), в зонах влияния промышленных предприятий и на территориях проектируемого строительства жилого фонда. Выявлено, что 4,9% проб не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию тяжёлых металлов. Для Владимирской области, имеющей 16 административно-территориальных районов и 4 города областного значения, такой объём анализируемых проб почвы в настоящий момент следует признать недостаточным, поскольку он не позволяет достоверно оценить степень загрязнения тяжёлыми металлами почвенного покрова в контексте вероятного влияния на здоровье населения.

Город областного значения Ковров Владимирской области широко известен за счёт продукции, выпускаемой его промышленными предприятиями. Градообразующей отраслью на протяжении примерно ста лет являются предприятия тяжёлого машиностроения и ряда других отраслей, что делает Ковров ключевым промышленным центром региона. Следовательно, изучение эколого-гигиенических характеристик почв является актуальной задачей, поскольку позволит оценить химическое загрязнение почвенного покрова в контексте риска окружающей среде и здоровья населения.

Цель работы – оценка эпидемиологического риска для здоровья населения Ковровского района и эколого-гигиеническая оценка загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком почв Коврова – крупного машиностроительного центра Владимирской области.

¹ О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2022 году. Вып. № 30. Ежегодный доклад. Владимирская область, Администрация, Департамент природопользования и охраны окружающей среды; Владимир, 2023. 181 с.

Материалы и методы

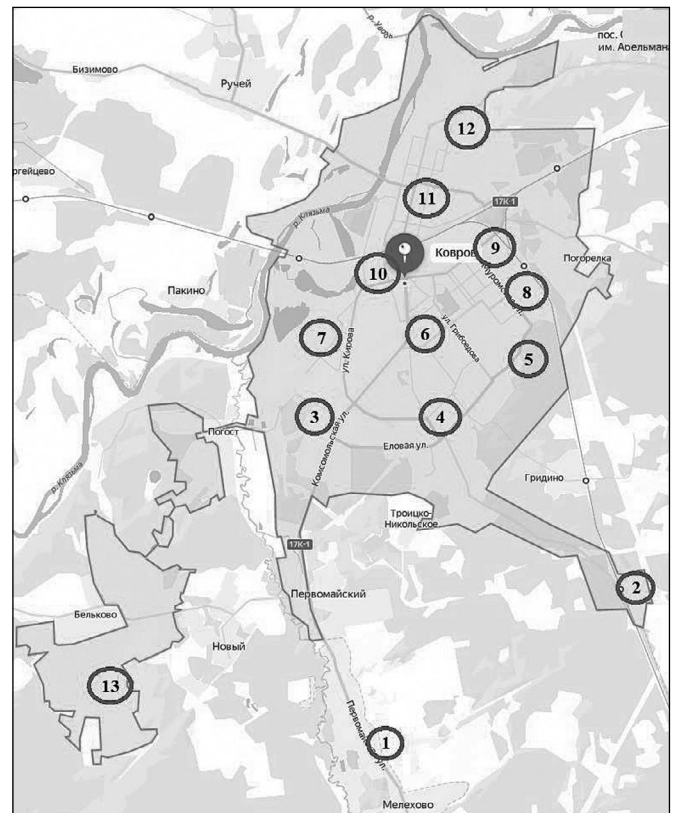
Объекты исследования — заболеваемость населения Ковровского района Владимирской области и почвенный покров административного районного центра Коврова. Площадь города составляет 57,4 км², численность населения (на 2021 г.) — 132 417 человек (более 80% населения Ковровского района), это второй по величине город области после Владимира. В исследовании использованы официальные статистические сборники МИАЦ «Состояние здоровья населения Владимирской области» за 2001–2019 гг. Проведён анализ относительных (%) данных о первичной заболеваемости детского (до 14 лет) и взрослого (от 18 лет) населения Ковровского района по 16 классам болезней классификации ВОЗ (МКБ-10). Для проверки значений динамических рядов заболеваемости на соответствие закону нормального распределения использовали *W*-тест Шапиро — Уилка. Для определения статистически значимых различий в значениях заболеваемости по административным территориям использован метод расчёта доверительных интервалов (95%). Дополнительно проводили парное сравнение с областными значениями с помощью *t*-теста (*p* < 0,05) или *U*-теста Манна — Уитни. В основу оценки риска заболеваемости положено определение показателей санитарно-эпидемиологического риска².

При проведении исследования загрязнения почв первоочередное внимание уделяли территориям, находящимся в зоне влияния производственных предприятий (см. рисунок). Это «Завод КДМ» — предприятие по переработке доломита (точка № 1), фабрика «Аскона», специализирующаяся на выпуске пружинных блоков для матрасов (точка № 3), Ковровский машиностроительный завод «ВФ Текс-Интер», выпускающий оборудование для прядения текстильных волокон (точка № 5), Ковровский механический завод (КМЗ), выпускающий газовые центрифуги (точка № 9), ОАО «Завод им. В.А. Дегтярёва» (Зид) (точка № 10). Следует отметить, что все промышленные производства за исключением предприятия «Завод КДМ», расположенного за чертой города, находятся практически в центральной его части. Таким образом, возможные химические загрязнения, поступающие в атмосферу от этих производств, а также вторичное загрязнение городского воздуха придорожной и почвенной пылью способны отрицательно влиять на здоровье городских жителей.

Для качественного и количественного сравнения загрязнения дополнительно оценивали почвы в сельтерной зоне города. Это почвы за пределами территории общеобразовательных учреждений (точки № 2 и № 12), газон у проезжей части около медицинского центра (точка № 4), газон на территории Ковровской государственной технологической академии (точка № 6), почвы сквера им. Малеева и Кангина (точка № 7), газон у проезжей части около стадиона «Звезда» (точка № 8), почвы Сенной площади (точка № 11). В качестве контроля исследовали почвенный покров в ООПТ «Карельская берёза» (точка № 13), находящийся за чертой города и не подверженный влиянию промышленных производств.

Отбор образцов почв проводили летом 2023 г. из горизонта 0–10 см методом конверта в трёх повторностях в соответствии с ГОСТ Р 58595–19. Пробоподготовку выполняли в соответствии с ГОСТ 14.4.02–84. Для определения pH и электропроводности водных вытяжек из образцов почв в соответствии с ГОСТ 26423–85 использовали pH-метр Mettler Toledo Seven Compact S220 и кондуктометр Mettler Toledo Seven Compact S230, содержание тяжёлых металлов (ТМ) и мышьяка в почве исследовали рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан МАКС-G» в соответствии с методикой М-049-ПДО/18 (ФР.1.31.2018.32143).

² Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: Пособие для врачей / Под ред. академика РАМН профессора А.И. Потапова. М., 1999. 48 с.



Места отбора проб почв.
Soil sampling sites.

Для оценки уровня загрязнения почв ТМ и мышьяком использованы показатель накопления (I_p) и коэффициент опасности (K_o). Фоновые и предельно допустимые концентрации ТМ и мышьяка в почве взяты из письма Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от 7.12.1993 г. № 04–25 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» и СанПиН 1.2.3685–21³ соответственно. Далее рассчитывали коэффициенты концентрации ТМ и мышьяка (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c). Оценку степени опасности для здоровья населения загрязнения почвы Коврова по комплексу аэрополлютантов проводили с использованием оценочной шкалы по суммарному показателю Z_c согласно СанПиН 1.2.3685–21. Статистическую обработку данных и корреляционный анализ проводили в программе Statistica.

Результаты

В Ковровском районе, как и в целом во Владимирской области, отмечается рост первичной заболеваемости детей, который за анализируемый период составил 13,9% (2096,7‰ в 2001 г.; 2389,3‰ в 2019 г.). Заболеваемость в Ковровском районе статистически значимо выше областной (*p* < 0,05), для взрослого населения районный показатель снизился на 26% (732‰ в 2001 г.; 602,1‰ в 2019 г.). Различия с областными значениями статистически незначимы (*p* > 0,05). Результаты анализа эпидемиологического риска для населения Ковровского района представлены в табл. 1.

Почвы в Ковровском районе Владимирской области представлены дерновыми, подзолистыми, болотными и пойменными типами. Преобладающими являются дерново-

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 1 / Table 1

Степень риска заболеваемости детского и взрослого населения Ковровского района по классам болезней МКБ-10

The degree of risk of morbidity according to ICD-10 classes of diseases in children and adults in the Kovrov district

Класс болезней по МКБ-10 Class of diseases according to ICD-10	Дети / Children		Взрослые / Adults	
	W ^A	Оценка степени риска Risk degree assessment	W ^A	Оценка степени риска Risk degree assessment
A00–B9 Инфекционные болезни / Infectious diseases	2.40	Высокий / High	1.57	Повышенный / Elevated
C00–D48 Новообразования Neoplasms	1.57	Повышенный Elevated	3.13	Очень высокий Very high
D50–D89 Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм Diseases of the blood, hematopoietic organs and individual disorders involving the immune mechanism	1.95	Повышенный Elevated	0.56	Умеренный Moderate
E00–E90 Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Diseases of the endocrine system, eating disorders and metabolic disorders	20.81	Очень высокий Very high	2.42	Высокий High
F00–F9 Психические расстройства и расстройства поведения Mental disorders and behavioral disorders	4.24	Очень высокий Very high	3.13	Очень высокий Very high
G00–G99 Болезни нервной системы Diseases of the nervous system	8.20	Очень высокий Very high	2.07	Высокий High
H00–H59 Болезни глаза и его придаточного аппарата Diseases of the eye and its accessory apparatus	3.52	Очень высокий Very high	0.49	Умеренный Moderate
H60–H95 Болезни уха и сосцевидного отростка Diseases of the ear and mastoid process	4.31	Очень высокий Very high	2.36	Высокий High
I00–I99 Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	7.62	Очень высокий Very high	3.18	Очень высокий Very high
J00–J99 Болезни органов дыхания Respiratory diseases	3.31	Очень высокий Very high	3.35	Очень высокий Very high
K00–K93 Болезни системы органов пищеварения Diseases of the digestive system	3.81	Очень высокий Very high	3.16	Очень высокий Very high
L00–L99 Болезни кожи и подкожной клетчатки Diseases of the skin and subcutaneous tissue	1.38	Повышенный Elevated	2.85	Высокий High
M00–M99 Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	1.08	Повышенный Elevated	2.06	Высокий High
N00–N99 Болезни мочеполовой системы Diseases of the genitourinary system	3.89	Очень высокий Very high	0.83	Умеренный Moderate
Q00–Q99 Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения / Congenital anomalies (malformations), deformities and chromosomal disorders	1.99	Повышенный Elevated		Не рассматривалось Not considered
S00–T98 Травмы и отравления Injuries and poisoning	5.25	Очень высокий Very high	2.85	Высокий High
O00–O99 Беременность, роды и послеродовой период Pregnancy, childbirth and the postpartum period		Не рассматривалось Not considered	5.90	Очень высокий Very high

подзолистые песчаные и супесчаные почвы с содержанием физической глины (< 0,01 мм) 10–20%, гумуса 1,68%, диапазон pH 5,1–6,1 [4]. Поскольку городские почвы характеризуются существенной дифференциацией (экранозёмы, индустриозёмы, реплантозёмы) [15], их исследование имеет определённую специфику, а получаемые результаты могут обладать большой вариабельностью. Для городской почвы Коврова характерно переуплотнение, перемешанность почвенных горизонтов, высокое содержание бытового и строительного мусора. Водородный показатель почвенной среды в черте Коврова находится в диапазоне 7,24–8,24 (табл. 2), что характеризует её как нейтральную и слабощелочную, что типично для урбозёмов. Максимальное значение pH почвенного покрова (pH 8,59) выявлено вблизи предприятия «Завод КДМ» (точка № 1), расположенного за чертой города, что связано с атмосферным выпадением содержащей карбонаты кальция и магния пыли, образующейся в результате работы дробильного оборудования при фракционировании доломитной породы в строительный щебень и повышающей щёлочность почвы. Минимальное значение pH почвенной среды (pH = 6,88) выявлено в пробе, отобранной на особо охраняемой природной территории «Карельская берёза» (точка № 13, контроль), расположенной в 6 км к юго-западу от города. Таким образом,

Таблица 2 / Table 2

Водородный показатель и удельная электропроводность водных вытяжек образцов почв
Hydrogen index, specific electrical conductivity, and index of toxicity of aqueous extracts of soil samples

Точки отбора проб No. of sampling site	pH, ед. pH, units	Удельная электропроводность, мкСм/см Specific electrical conductivity, μ S/cm
1	8.59	95.73
2	7.47	111.78
3	7.57	117.81
4	8.06	120.45
5	8.24	76.14
6	8.17	82.04
7	7.24	48.19
8	8.02	81.65
9	8.01	82.36
10	7.98	82.72
11	7.94	102.2
12	7.88	65.48
13	6.88	38.55

Таблица 3 / Table 3

Показатель накопления (P_n) тяжёлых металлов и мышьяка в образцах почв
Indicator of accumulation (P_n) of heavy metals in soil samples

Точки отбора проб Soil sampling sites	Химический элемент / Chemical element							Σср
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
1	1.48	0.84	2.06	0.00	2.21	4.13	3.88	2.09
2	83.56	1.27	35.71	48.57	27.91	3.34	10.91	30.18
3	1.77	2.50	3.85	3.01	3.66	6.25	1.54	3.23
4	1.69	1.84	4.05	3.27	4.03	4.80	10.74	4.35
5	3.40	1.22	4.92	37.99	21.03	5.03	31.07	14.95
6	0.53	1.41	3.27	1.43	2.62	2.34	3.03	2.09
7	1.10	1.34	1.84	3.29	2.56	3.44	4.47	2.58
8	2.85	1.35	3.13	4.81	3.00	4.44	15.24	4.98
9	2.21	0.59	3.57	6.96	5.84	3.40	5.22	3.97
10	0.94	1.26	3.08	0.00	2.04	3.80	3.68	2.11
11	2.16	1.86	4.55	0.00	3.91	4.34	3.91	2.96
12	5.68	1.74	3.12	0.00	6.87	3.52	15.22	5.17
13	0.00	2.07	1.74	1.22	1.41	4.50	1.93	1.84
Средние значения Average value	8.26	1.48	5.76	8.50	6.70	4.10	8.53	–

установлено, что почвенный покров Коврова характеризуется преимущественно слабощелочной реакцией, что во многом способствует накоплению различных токсичных элементов.

Удельная электропроводность водных вытяжек образцов исследуемых почв варьирует в диапазоне 38,55–120,45 мкСм/см. Наибольшими значениями характеризуются почвы вблизи оживлённых автодорог в районе фабрики «Аскона» (точка № 3) и Первого клинического медцентра (точка № 4), а также около школы (точка № 2).

Концентрации ТМ в исследуемых почвах находятся в следующих диапазонах (min → max): Co – 4,77–10,49; As – 5,01–10,87; Pb – 15,24 – 192,44; Ni – 16,43–220,25; Cu – 0–396,55; Zn – 67,56–809,43; Cr – 33,19–2806,44 мг/кг.

Результаты расчётов показателя накопления (P_n) представлены в табл. 3. В качестве фонового значения для расчётов P_n по хромю использовано минимальное установленное значение его концентрации (в данном случае в точке № 13).

Показатель накопления ТМ и мышьяка в почве возрастает в ряду: Co → As → Ni → Zn → Cr → Cu → Pb.

Результаты расчётов коэффициента опасности представлены в табл. 4. Для кобальта и хрома такие расчёты не проводили в связи с отсутствием нормативных показателей валовых форм данных элементов. Ряд имеет следующий вид (min → max): Pb → Ni → Cu → As → Zn.

Результаты расчётов коэффициентов концентрации и суммарного показателя загрязнения Z_c почвы представлены в табл. 5.

Таблица 4 / Table 4

Коэффициенты опасности (K_o) тяжёлых металлов и мышьяка в образцах почв
Hazard coefficients (C_o) of heavy metals in soil samples

Точки отбора проб Soil sampling sites	Химический элемент / Chemical element					Σср
	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
1	0.92	0.00	1.64	3.85	0.92	1.46
2	11.01	12.02	14.72	3.25	2.23	8.65
3	1.46	0.97	2.37	5.44	0.48	2.14
4	1.52	1.03	2.56	4.35	2.20	2.33
5	1.78	9.45	11.21	4.53	6.01	6.60
6	1.28	0.59	1.84	2.50	0.76	1.39
7	0.85	1.04	1.81	3.33	1.03	1.61
8	1.24	1.41	2.04	4.08	3.05	2.36
9	1.37	1.93	3.48	3.30	1.17	2.25
10	1.22	0.00	1.55	3.60	0.88	1.45
11	1.67	0.00	2.50	4.00	0.92	1.82
12	1.24	0.00	4.01	3.39	3.04	2.33
13	0.82	0.54	1.23	4.13	0.55	1.45
Средние значения Average value	2.03	2.23	3.92	3.83	1.79	–

Таблица 5 / Table 5

Коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c)
Concentration coefficient (K_c) and total soil pollution index (Z_c)

Точки отбора проб Soil sampling sites	Химический элемент / Chemical element							Σ_{cp}	Z_c
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb		
1	2.48	1.84	3.06	0.00	3.21	5.13	4.88	2.94	14.61
2	84.56	2.27	36.71	49.57	28.91	4.34	11.91	31.18	212.27
3	2.77	3.50	4.85	4.01	4.66	7.25	2.54	4.23	23.58
4	2.69	2.84	5.05	4.27	5.03	5.80	11.74	5.35	31.42
5	4.40	2.22	5.92	38.99	22.03	6.03	32.07	15.95	105.66
6	1.53	2.41	4.27	2.43	3.62	3.34	4.03	3.09	15.64
7	2.10	2.34	2.84	4.29	3.56	4.44	5.47	3.58	19.04
8	3.85	2.35	4.13	5.81	4.00	5.44	16.24	5.98	35.83
9	3.21	1.59	4.57	7.96	6.84	4.40	6.22	4.97	28.79
10	1.94	2.26	4.08	0.00	3.04	4.80	4.68	2.97	14.79
11	3.16	2.86	5.55	0.00	4.91	5.34	4.91	3.82	20.73
12	6.68	2.74	4.12	0.00	7.87	4.52	16.22	6.02	36.16
13	1.00	3.07	2.74	2.22	2.41	5.50	2.93	2.84	13.88
Средние значения Average value	9.26	2.48	6.76	9.20	7.70	5.10	9.53	—	—

Обсуждение

Известно, что здоровье населения может служить показателем состояния окружающей среды. Дети Ковровского района имеют очень высокий эпидемиологический риск заболеваемости по десяти классам болезней относительно фоновых региональных значений. Особое опасение вызывает значение степени риска болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ (E00–E90). Взрослое население имеет очень высокий риск заболеваемости по шести классам болезней. Очень высокую степень риска имеют и дети, и взрослые по четырём классам болезней (психические расстройства и расстройства поведения; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни системы органов пищеварения). Необходимо отметить, что если болезни органов дыхания, кровообращения и пищеварения уже достаточно давно рассматриваются научным сообществом в качестве ассоциированных с загрязнением окружающей среды, то в последнее время появляются исследования о влиянии факторов среды на развитие психических расстройств [16, 17] и эндокринные патологии у детей [18].

Одним из ведущих факторов риска для здоровья является загрязнение атмосферного воздуха, состояние которого можно косвенно оценить по содержанию поллютантов в почве. Интенсивность сорбции токсикантов зависит от значения pH почвенной среды. Почвенный покров Коврова характеризуется преимущественно слабощелочной реакцией. В данных условиях ТМ менее подвижны и могут иметь высокие концентрации в почве. Их количественное содержание определяется уровнем техногенной нагрузки, формой соединений, а также целым комплексом специфических свойств самой почвы [19]. Приоритетными загрязнителями почв Коврова являются Pb, Zn и As, относящиеся к первому классу опасности. Наличие таких элементов значительно усиливает химическое загрязнение городской почвы, снижая её способность к естественному самоочищению. Кроме того, накоплению ТМ способствует присутствие в почве техногенного железа в виде магнетита Fe_3O_4 , поступающего с частицами дымовых выбросов машиностроительных предприятий города и сорбирующего на своей поверхности такие токсичные элементы, как Cu, Mn, Cr, Zn, Ni [20].

Чрезвычайно высокий уровень загрязнения почвы выявлен рядом с территорией одной из школ (точка № 2) во дво-

ре многоквартирного жилого дома. Высокие концентрации ТМ (Cr, Ni, Cu, Zn) позволяют отнести данную территорию к локальной техногенной литогеохимической аномалии. Отсутствие близости промышленных предприятий может свидетельствовать о привозном характере данного грунта, который либо использовался при строительстве, например, для засыпки траншей теплотрассы, либо был несанкционированно вывезен на окраину города в период, предшествовавший созданию жилой и социальной инфраструктуры. По качественному составу данной пробы грунта его можно идентифицировать как гальванический шлам – отход гальванического производства, имеющего технологические участки нанесения покрытий: цинкования, хромирования, никелирования или участка трёхслойного покрытия Cu – Ni – Cr. Подобные аномалии в жилой зоне, особенно вблизи общеобразовательных учреждений, недопустимы и требуют немедленной ликвидации. К опасной категории загрязнения почв относятся точки № 5, 8, 12. В почвенном покрове около машиностроительного завода «ВФ Текс-Интер» (точка № 5) обнаружено большое количество таких химических элементов, как Cu, Zn и Pb. Наличие высоких концентраций данных химических элементов обусловлено, вероятно, спецификой работы Ковровского приборостроительного завода, на производственных площадях которого в настоящее время расположено современное производство «ВФ Текс-Интер». Накоплению цинка и свинца также наверняка способствовало наличие рядом оживлённой грузовой автотрассы, необходимой в системе логистики. Неблагополучное состояние почвенного покрова в точках № 8 и № 12 обусловлено в первую очередь высоким содержанием свинца, что также даёт основание говорить о сильном влиянии на почву потока проходящего автотранспорта.

Точки № 3, 4, 7, 9 и 11 по суммарному загрязнению относятся к умеренно опасной категории загрязнения почв. Ведущие загрязнения в этих точках – мышьяк (точка № 3), свинец (точки № 4, 7), медь (точка № 9) и никель (точка № 11). Как приоритетные поллютанты почв вблизи территории КМЗ (точка № 9) определены медь, цинк и свинец, основными техногенными источниками которых являются предприятия цветной и чёрной металлургии. Ковровский механический завод в начале своей истории являлся филиалом Ковровского завода им. В.А. Дегтярёва. В рамках государственной программы в начале двухтысячных годов КМЗ перепрофилировали на производство газовых центрифуг,

в производственном цикле которых задействовано гальваническое оборудование.

К допустимой категории загрязнения относятся почвы в точках № 1, 6, 10, 13. Интересны результаты анализа почвы у территории Ковровского завода им. В.А. Дегтярёва. История этого трижды орденоносного предприятия насчитывает более ста лет. В настоящее время это крупнейшее во Владимирской области и одно из ведущих в стране многопрофильных машиностроительных предприятий. Завод располагает производственными мощностями для изготовления отливок из алюминиевых, медных и цинковых сплавов, что является источником риска для окружающей среды. Отсутствие высоких концентраций анализируемых поллютантов в месте отбора проб, вероятно, обусловлено наличием привозного почвогрунта для благоустройства прилегающей к административной части завода территории. Важно, что единственной точкой селитебной зоны, характеризующейся допустимым уровнем загрязнения почв, является территория Ковровской государственной технологической академии.

Таким образом, в целом эколого-гигиеническое состояние почв Коврова нельзя назвать благополучным. Это связано с размещением большинства машиностроительных производств в центральной части города, плотностью жилой и офисной застройки вблизи границ производств, увеличением количества автомобильного транспорта, а также со спецификой городской почвы, способствующей накоплению ТМ. Риски вторичного загрязнения ТМ приземного слоя атмосферного воздуха достаточно высоки, что представляет опасность для здоровья проживающего здесь населения, особенно детей.

Поскольку настоящее исследование ограничено разовым отбором проб, интересным представляется дальнейшее изучение динамических показателей концентраций аэрополлютантов в почве Коврова. Для минимизации ошибки репрезентативности следует увеличить число реперных участков.

Заключение

Установлено, что в Ковровском районе рост первичной заболеваемости детей в период с 2001 по 2019 г. составил 13,9%. Заболеваемость взрослого населения за тот же период снизилась на 26%. Проведённое исследование по оценке эпидемиологического риска позволило установить, что у де-

тей Ковровского района имеется очень высокий относительно фоновых региональных значений эпидемиологический риск заболеваемости по десяти классам болезней. Особую тревогу вызывает степень риска болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ (E00–E90). У взрослого населения выявлен очень высокий риск заболеваемости по шести классам болезней. Очень высокая степень риска обнаружена и у детей, и у взрослых по четырём классам болезней (психические расстройства и расстройство поведения; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни системы органов пищеварения).

Приоритетными загрязнениями почвы Коврова являются цинк, свинец и мышьяк. Отмечено значительное варьирование содержания ТМ в пределах как промышленной зоны, так и селитебной, что характерно для урбанизированных почв, подверженных различным источникам антропогенного воздействия.

Обнаружено чрезвычайно опасное химическое загрязнение почвы ТМ, представляющее собой локальную техногенную аномалию. Элементный состав техногенного почвенного грунта указывает на то, что загрязнение почвы тяжёлыми металлами с большой долей вероятности связано с деятельностью машиностроительных предприятий города. Выявление подобных аномалий с последующим проведением специальных природоохранных мероприятий по нейтрализации и удалению экстремально химически загрязнённых почвенных грунтов должно стать одной из основных задач при оценке состояния окружающей среды любого промышленного города.

Выполненная оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения показала, что селитебная часть города находится в зоне умеренно опасной или опасной категории загрязнения почв. Данный факт определяет необходимость проведения здесь мероприятий по детоксикации загрязнённых почв и организации постоянного эколого-гигиенического мониторинга.

Для снижения техногенного воздействия на городскую почву необходимо совершенствовать систему очистки газовоздушных выбросов машиностроительных предприятий города и обеспечить эффективное обустройство санитарно-защитных зон.

Литература

(п.п. 6, 14, 17 см. References)

- Першина Ю.С., Мейсурава А.Ф. Загрязнение почв металлами в Твери. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия*. 2017; (3): 127–38. <https://elibrary.ru/zfhtyt>
- Лемешев Д.О., Протасов А.С., Колесников В.А. Перспективы повторного использования и безопасной утилизации металлоотходов (обзор). *Теоретическая и прикладная экология*. 2021; (4): 140–7. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-4-140-147> <https://elibrary.ru/xeghbc>
- Лазаренков А.М. Исследование масштабов загрязнения окружающей среды выбросами литейного производства. *Литье и металлургия*. 2020; (1): 129–32. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-129-132> <https://elibrary.ru/qxvclci>
- Грищенко С.В., Грищенко И.И., Федосеева И.С., Праводелов С.С., Костенко В.С., Якимова К.А. и др. Современные особенности химического состава почв населенных мест Донецкой Народной Республики. *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2020; 24(4): 405–12. <https://elibrary.ru/mmsqwl>
- Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания экологического риска. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021; 332(1): 164–73. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009> <https://elibrary.ru/izrgui>
- Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Арабский А.К. Риск загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы. *Проблемы анализа риска*. 2019; 16(1): 42–9. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-42-49> <https://elibrary.ru/vunhnr>
- Трифорова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г. Газовоздушные выбросы стеклотарного производства как фактор риска здоровью населения. *Теоретическая и прикладная экология*. 2020; (4): 155–61. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-4-155-161> <https://elibrary.ru/qzaif>
- Каверина Н.В. Трансформация городских почв под влиянием техногенных воздействий. *Проблемы региональной экологии*. 2020; (4): 113–7. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-14113> <https://elibrary.ru/hzhnvz>
- Трифорова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н. Эколого-гигиеническая оценка почв промышленного города со стекловальным производством по содержанию тяжелых металлов и мышьяка. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(6): 549–55. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555> <https://elibrary.ru/lkmlsk>
- Ильченко И.Н., Вялков А.И., Сырцова А.А., Ляпунов С.М., Окнина О.И. О создании ранней диагностики и профилактики изменения здоровья детей, обусловленных воздействием тяжелых металлов. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(6): 70–3. <https://elibrary.ru/iirnad>
- Янин Е.П. Химический состав и эколого-геохимические особенности городских почв. Аналитический обзор. *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*. 2020; (2): 40–73. <https://doi.org/10.36535/0235-5019-2020-02-3> <https://elibrary.ru/ochwez>
- Боев В.М., Зеленина Л.В., Кудусова Л.Х., Кражева Е.А., Зеленин Д.О. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением деponирующих сред тяжелыми металлами. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02> <https://elibrary.ru/psyyqm>
- Кондратьева Т.А., Исмаилова Р.Н., Выборнова И.Б. Оценка уровня загрязнения экосистемы г. Казань тяжелыми металлами и нефтепродуктами. *Вестник Казанского технологического университета*. 2013; 16(3): 171–5. <https://elibrary.ru/pvvdtp>
- Шгина И.Е., Валина С.Л., Лужецкий К.П., Зенина М.Т., Устинова О.Ю. Внешнесредовая контаминация металлами как фактор риска развития аутоиммунного тиреоидита у детей в зонах влияния выбросов

Original article

- металлургических предприятий. *Анализ риска здоровью*. 2021; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.06> <https://elibrary.ru/msmuvv>
19. Воляницкий Ю.Н. Об опасных тяжёлых металлах/металлоидах в почвах. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2011; (68): 56–82. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-56-82> <https://elibrary.ru/ojqhsf>
20. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. *Магнетизм почв*. М.: Ярославль; 1995.

References

1. Pershina Yu.S., Meysurova A.F. Soil contamination by metals in Tver. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya*. 2017; (3): 127–38. <https://elibrary.ru/zfhtyt> (in Russian)
2. Lemeshev D.O., Protasov A.S., Kolesnikov V.A. Modern methods of recovery, reuse and safe disposal of hazardous metal-containing waste. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2021; (4): 140–7. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-4-140-147> <https://elibrary.ru/keghbc> (in Russian)
3. Lazarenko A.M. Research on the extent of environmental pollution by foundry emissions. *Lit'e i metallurgiya*. 2020; (1): 129–32. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-129-132> <https://elibrary.ru/qxvlci> (in Russian)
4. Grishchenko S.V., Grishchenko I.I., Fedoseeva I.S., Pravodelov S.S., Kostenko V.S., Yakimova K.A., et al. Modern features of the chemical composition of soils in populated locations of the Donetsk People's Republic. *Vestnik gigieny i epidemiologii*. 2020; 24(4): 405–12. <https://elibrary.ru/mmsqwl> (in Russian)
5. Zharikova E.A. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2021; 332(1): 164–73. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009> <https://elibrary.ru/izrgui> (in Russian)
6. Khan S., Munir S., Sajjad M., Li G. Urban Park soil contamination by potentially harmful elements and human health risk in Peshawar city, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *J. Geochem. Explor.* 2016; 165: 102–10. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.03.007>
7. Bashkin V.N., Galiulin R.V., Galiulina R.A., Arabskiy A.K. Risk of soil contamination by heavy metals through gas-dust emissions. *Problemy analiza riska*. 2019; 16(1): 42–9. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-42-49> <https://elibrary.ru/vunhrn> (in Russian)
8. Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G. Gas-air emissions from glass container production as a risk factor for public health. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2020; (4): 155–61. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-4-155-161> <https://elibrary.ru/qzaiof> (in Russian)
9. Kaverina N.V. Transformation of urban soils under technogenic impacts. *Problemy regional'noy ekologii*. 2020; (4): 113–7. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-14113> <https://elibrary.ru/hzhnvz> (in Russian)
10. 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. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(6): 549–55. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555> <https://elibrary.ru/lkmlsk> (in Russian)
11. Il'chenko I.N., Vyalkov A.I., Syrsova A.A., Lyapunov S.M., Okina O.I. Development of a system for the early diagnosis and prevention of children's health changes caused by exposure to heavy metals. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(6): 70–3. <https://elibrary.ru/iirnad> (in Russian)
12. Yanin E.P. Chemical composition and ecological-geochemical features of urban soils. Analytical review. *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov*. 2020; (2): 40–73. <https://doi.org/10.36535/0235-5019-2020-02-3> <https://elibrary.ru/ochwez> (in Russian)
13. Boev V.M., Zelenina L.V., Kudusova L.Kh., Kryazheva E.A., Zelenin D.O. Hygienic assessment of carcinogenic health risks associated with contamination of depositing media with heavy metals. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; (1): 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02> <https://elibrary.ru/amonix>
14. Wallace D.R., Buha A.D. Heavy metal and pesticide exposure: A mixture of potential toxicity and carcinogenicity. *Curr. Opin. Toxicol.* 2020; 19: 72–9. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2020.01.001>
15. Kondrat'eva T.A., Ismailova R.N., Vybornova I.B. Assessment of the level of pollution of the Kazan ecosystem with heavy metals and oil products. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013; 16(3): 171–5. <https://elibrary.ru/pvvdtp> (in Russian)
16. Chen G., Xiang H., Mao Z., Huo W., Guo Y., Wang C., et al. Is long-term exposure to air pollution associated with poor sleep quality in rural China? *Environ. Int.* 2019; 133(Pt. B): 105205. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105205>
17. Lu J.G. Air pollution: A systematic review of its psychological, economic, and social effects. *Curr. Opin. Psychol.* 2020; 32: 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.copsy.2019.06.024>
18. Shtina I.E., Valina S.L., Luzhetskii K.P., Zenina M.T., Ustinova O.Yu. Environmental contamination with metals as a risk factor causing developing autoimmune thyroiditis in children in zones influenced by emissions from metallurgic enterprises. *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.06> <https://elibrary.ru/mqsfar>
19. Vodyanitskiy Yu.N. On dangerous heavy metals/metalloids in soils. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2011; (68): 56–82. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-56-82> <https://elibrary.ru/ojqhsf> (in Russian)
20. Babanin V.F., Trukhin V.I., Karpachevskiy L.O., Ivanov A.V., Morozov V.V. *Soil Magnetism [Magnetizm pochv]*. Moscow: Yaroslavl; 1995. (in Russian)

Информация об авторах:

Марцев Антон Андреевич – доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия. E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Селиванов Олег Григорьевич – зав. лаб. каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия.

Курбатов Юрий Николаевич – аспирант каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия.

Трифонова Татьяна Анатольевна – Заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор биол. наук, профессор факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, зав. каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия.

Information about the authors:

Anton A. Martsev, Associate Professor, Candidate of Sciences. biol. Sciences, Associate Professor of the department. Biology and Ecology Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163> E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Oleg G. Selivanov, Head. Of the Lab, Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>

Yurij N. Kurbatov, graduate student of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854>

Tat'yana A. Trifonova, MD, PhD, DSci, Professor, Professor of the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation, head of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>