

Читать  
онлайн  
Read  
onlineМарцев А.А.<sup>1</sup>, Селиванов О.Г.<sup>1</sup>, Курбатов Ю.Н.<sup>1</sup>, Трифонова Т.А.<sup>1,2</sup>

## Оценка эпидемиологического риска для здоровья населения и эколого-гигиеническая характеристика почв промышленного города с развитым металлообработывающим производством

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

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** В работе представлены результаты исследования эпидемиологического риска для здоровья населения и уровня загрязнения почвы тяжёлыми металлами и мышьяком города Кольчугино — крупного металлообработывающего центра Владимирской области.

**Материалы и методы.** Объекты исследования — заболеваемость населения Кольчугинского района Владимирской области и почвенный покров города Кольчугино, промышленные предприятия которого специализируются на обработке и получении изделий из цветных металлов. Пробы почвы отбирали в зоне производственных предприятий, автодорог, селитебной и ландшафтно-рекреационной зон. Почвенный покров исследовали рентгенофлуоресцентным методом для определения содержания тяжёлых металлов Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb и металлоида As.

**Результаты.** Оценка эпидемиологического риска показала, что у детей Кольчугинского района эпидемиологический риск заболеваемости по девяти классам болезней очень высок относительно фоновых региональных значений. У взрослого населения очень высок риск заболеваемости по семи классам болезней. Приоритетными загрязнениями почвы Кольчугина являются цинк, мышьяк и медь. Отмечено значительное загрязнение тяжёлыми металлами почвы в промышленной, селитебной и ландшафтно-рекреационной зонах. Обнаружено опасное химическое загрязнение почвы Cu и Zn на территории парка Дворца культуры, расположенного рядом с градообразующими металлообработывающими предприятиями. Оценка уровня химического загрязнения почв показала, что селитебная и ландшафтно-рекреационная зоны города, где проживает и отдыхает большая часть жителей, находятся в зоне умеренно опасной или опасной категории загрязнения почв.

**Ограничения исследования.** 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 и ландшафтно-рекреационной зонах города Кольчугино представляет риски для здоровья проживающего населения и не соответствует концепции комфортной городской среды. Необходим постоянный эколого-гигиенический мониторинг данных городских территорий, для чего требуется разработать систему ремедиации почв города Кольчугино. С целью снижения дальнейшего поступления в почву города загрязняющих веществ и, в частности, тяжёлых металлов необходимо повышать эффективность систем очистки газовоздушных выбросов металлообработывающих предприятий города, а также улучшить обустройство санитарно-защитных зон. Для сокращения содержания тяжёлых металлов в почве необходима система мероприятий по детоксикации.

**Ключевые слова:** здоровье населения; оценка риска; загрязнение почв; тяжёлые металлы; металлообработывающие производства

**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. Оценка эпидемиологического риска для здоровья населения и эколого-гигиеническая характеристика почв промышленного города с развитым металлообработывающим производством. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(5): 416–423. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-5-416-423> <https://elibrary.ru/pnbalc>

**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: 28.02.2024 / Принята к печати: 09.04.2024 / Опубликовано: 17.06.2024

Anton A. Martsev<sup>1</sup>, Oleg G. Selivanov<sup>1</sup>, Yuriy N. Kurbatov<sup>1</sup>, Tatyana A. Trifonova<sup>1,2</sup>

## Assessment of the epidemiological risk to public health and ecological and hygienic characteristics of the soils of an industrial city with a developed metalworking industry

<sup>1</sup>Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation;<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The paper presents the results of a study to assess the epidemiological risk to public health and the level of soil contamination with heavy metals and arsenic in the city of Kolchugino, a large metalworking center of the Vladimir region.

**Materials and methods.** The objects of the study are the morbidity of the population of the Kolchuginsky district of the Vladimir region and the soil cover of the city of Kolchugino, whose industrial enterprises specialize in processing and obtaining products from non-ferrous metals. Soil samples were taken in the area of industrial enterprises, highways, residential and landscape-recreational areas. The soil cover was examined by X-ray fluorescence method to determine the content of heavy metals such as Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, and metalloid As.

**Results.** The conducted epidemiological risk assessment study made it possible to establish children of the Kolchuginsky district, relative to background regional values, to have a very high epidemiological risk of morbidity by 9 classes of diseases. The adult population has a very high risk of morbidity by 7 classes of diseases.

Original article

The priority pollutants of the soil of Kolchugino are zinc, arsenic, and copper. Significant contamination of the soil with heavy metals was noted both in industrial, residential, and landscape-recreational areas. Dangerous chemical contamination of the soil with heavy metals Cu and Zn has been detected in the park of the Palace of Culture, located next to the city-forming metalworking enterprises. The assessment of the level of chemical soil pollution showed that the residential and landscape-recreational areas of the city, where most of the residents live and rest, are located in the zone of moderately dangerous or dangerous category of soil pollution.

**Limitations.** The limitations of the study are related to the single 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 and landscape-recreational areas of Kolchugino poses health risks to the population living here and fails to correspond to the concept of creating a comfortable urban environment. It is necessary to manage and conduct constant ecological and hygienic monitoring of these urban areas, for which it is necessary to develop a system of measures for soil remediation in Kolchugino. To reduce the further intake of pollutants into the soil of the city and, in particular, heavy metals, it is necessary to increase the efficiency of gas-air emissions purification systems of metalworking enterprises in the city, and improve the 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; metalworking industries

**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. Assessment of epidemiological risk to public health and ecological and hygienic characteristics of soils of an industrial city with a developed metalworking industry. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2024; 103(5): 416–423. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-5-416-423> <https://elibrary.ru/pnbalc> (In Russ.)

**For correspondence:** Anton A. Martsev, MD, PhD, ecologist 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: February 28, 2024 / Accepted: April 9, 2024 / Published: June 17, 2024

## Введение

Загрязнение городов с функционирующим металлообрабатывающим производством тяжёлыми металлами (ТМ) является серьёзной экологической проблемой. В результате деятельности таких производств происходит загрязнение всех компонентов окружающей среды, в том числе и городской почвы, которая, являясь элементом среды обитания человека, играет важную эколого-гигиеническую роль, оказывая влияние на здоровье и условия проживания населения. Почва как один из компонентов биосферы способна аккумулировать большое количество ТМ, что может привести к формированию техногенных литогеохимических аномалий [1]. Специфика загрязнения городских почв состоит в том, что на относительно небольшой площади сосредоточено много различных источников загрязнения (промышленные производства, автотранспорт, производственные и бытовые отходы) [2–4]. Всё это обуславливает неоднородность почвенного загрязнения. Распределение ТМ в городской почве зависит от особенностей источников загрязнения, метеорологических условий, геохимических факторов и ландшафтных особенностей конкретной местности. При этом городская почва может быть источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоёмов, пищевых продуктов растительного происхождения и кормов животных, оказывая влияние на эколого-гигиеническую обстановку в целом. ТМ, сорбированные на частичках почвы и пыли, под воздействием ветровой и транспортной эрозии активно загрязняют приземный воздух, способствуя росту заболеваемости населения [5–7], в том числе злокачественными новообразованиями [8, 9].

Владимирская область является регионом с развитой промышленностью, основу которой составляют машиностроительные и металлообрабатывающие заводы, текстильные фабрики, стекольные производства. Промышленные предприятия размещены не только во Владимире, но и в районных центрах, для которых некоторые вышеперечисленные производства являются градообразующими. Именная деятельность этих заводов и фабрик, имеющих иногда более чем столетнюю историю, положила начало развитию и становлению данных городов, превращая их в развитые промышленные центры региона. Однако монопрофильные

города функционируют в условиях повышенного социально-экономического риска, их характеризуют зависимость от рыночной конъюнктуры, загрязнение окружающей среды, неразвитость инфраструктуры, в том числе образования и здравоохранения. В случае спада производства возникают потеря производственных мощностей, безработица, отток молодого населения.

Один из монопрофильных городов Владимирской области — Кольчугино, промышленность которого представлена в основном предприятиями по обработке цветных металлов. Город Кольчугино широко известен не только в нашей стране, но и за рубежом за счёт продукции, которая выпускается на его промышленных предприятиях. Градообразующим является Кольчугинский завод «Электрокабель», один из крупнейших производителей кабельно-проводниковой продукции, основанный в 1939 г. на базе бывшего завода «Кольчугцветмет». К действующим промышленным предприятиям относятся также заводы «Кольчугинский мельхиор» (как часть бывшего завода «Кольчугцветмет») — крупнейший в России производитель столовых приборов и посуды с использованием драгоценных металлов, завод «Кольчугцветметобработка», выпускающий продукцию проката (трубы, лента, проволока, профиль, прутки) из цветных металлов, «Металлопосудный завод», специализирующийся на выпуске посуды и других изделий из алюминия, нержавеющей стали и оцинкованного металла. Данные производства делают Кольчугино важнейшим промышленным металлообрабатывающим центром России. Экологические риски, связанные с работой предприятий города, значительны. Загрязнение окружающей среды происходит прежде всего за счёт промышленных выбросов, сгорания топлива, образования отходов литейных и металлообрабатывающих производств, сброса неочищенных сточных вод. В результате в окружающую среду попадают опасные химические токсиканты, в том числе ТМ [10–12]. Проведённое по данным снеговой съёмки исследование показало, что канцерогенный риск для здоровья взрослого населения, обусловленный ингаляционным поступлением загрязняющих веществ (свинец, кадмий, никель) из почвы Кольчугина, в большинстве случаев находится на уровне неприемлемого [13]. За 2022 г. во Владимирской области Управлением Роспотребнадзора были отобраны и исследованы на ТМ только 102 пробы

почвы<sup>1</sup>, что следует признать явно недостаточным. Таким образом, исследование состояния здоровья населения и эколого-гигиеническая характеристика почв города Кольчугино весьма актуальны.

**Цель работы** – оценка эпидемиологического риска для здоровья населения и уровня загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком почвенного покрова города Кольчугино Владимирской области.

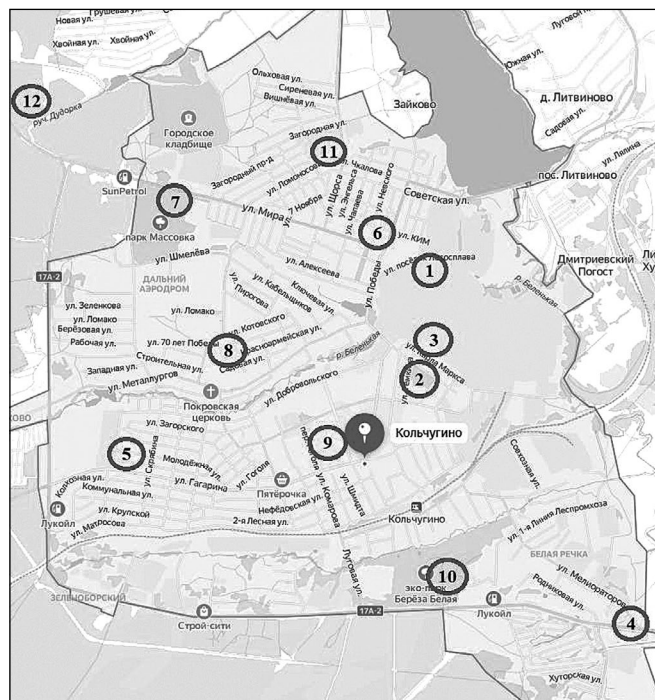
## Материалы и методы

Объекты исследования – заболеваемость населения Кольчугинского района и почвенный покров города Кольчугино – административного центра Кольчугинского муниципального района Владимирской области. Город расположен на северо-западе Владимирской области на правом берегу р. Пекши (левый приток Клязьмы) в 70 км от Владимира. Площадь города составляет 31 км<sup>2</sup>, население (по данным 2021 г.) – 39 410 человек. В исследовании использованы официальные статистические сборники МИАЦ «Состояние здоровья населения Владимирской области» за 2001–2019 гг. Проведён анализ относительных (%) данных по первичной заболеваемости детского (до 14 лет) и взрослого (от 18 лет) населения Кольчугинского 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 эпидемиологического риска<sup>2</sup>.

При исследовании уровня загрязнения почвенного покрова городских территорий Кольчугино уделяли первоочередное внимание зонам влияния градообразующих производственных предприятий: ООО «Кольчугинский завод по обработке цветных металлов» (точка № 1) и АО «Электрокабель» Кольчугинский завод» (точка № 3) (см. рисунок). Поскольку данные промышленные предприятия расположены практически в центральной части города, а основное их воздействие приходится на атмосферный воздух, существует большая опасность химического загрязнения почвенного покрова аэрополлютантами и вторичного загрязнения приземного воздуха придорожной и почвенной пылью.

Для сравнительной оценки уровня загрязнения также анализировали почвы селитебной зоны города: около детского дома-интерната (точка отбора № 7), в жилых зонах частного сектора (точки отбора № 8 и № 11), возле центральной районной больницы (точка отбора № 9). Изучали и почвы ландшафтно-рекреационной зоны: в парке Дворца культуры (точка отбора № 2), в экопарке «Белая берёза» (точка отбора № 10). Для оценки влияния автомобильного транспорта отбирали образцы почв придорожной территории (точки № 4–6). В качестве контроля были отобраны пробы почвенного покрова садов в лесной части – 1,5 км от города (точка № 12).

Отбор образцов почв для исследований проводили летом 2023 г. из горизонта 0–10 см методом конверта в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01–2017. Пробоподготовку к анализу производили в соответствии с ГОСТ 14.4.02–84. Определение pH и электропроводности водных вытяжек из образцов почв проводили по ГОСТ 26423–85 с помощью pH-метра



Места отбора проб почв.  
Soil sampling sites.

Mettler Toledo Seven Compact S220 и кондуктометра Mettler Toledo Seven Compact S230. Определение ТМ и мышьяка в почве проводили рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан МАКС-G» в соответствии с методикой М-049-ПДО/18 (ФР.1.31.2018.32143).

Для оценки уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами и мышьяком использованы показатель накопления ( $I_n$ ) и коэффициент опасности ( $K_o$ ).

Фоновые, предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации ТМ и мышьяка в почве взяты соответственно 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 1.2.3685–21<sup>3</sup>. Далее рассчитывали коэффициенты концентрации ТМ и мышьяка ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ). Оценку степени опасности загрязнения почвы Кольчугина по комплексу аэрополлютантов проводили с использованием оценочной шкалы по суммарному показателю  $Z_c$ , согласно СанПиН 1.2.3685–21.

Статистическую обработку данных выполняли в программе Statistica.

## Результаты

Среднегодовалая первичная заболеваемость детского населения Кольчугинского района – одна из самых высоких в регионе (2486,2‰), значения статистически значимо выше областных ( $p < 0,05$ ). При этом наблюдается небольшое снижение первичной заболеваемости детей, которое за анализируемый период составило 5,6% (2321,8‰ в 2001 г.; 2192‰ в 2019 г.). Первичная заболеваемость взрослого населения снизилась на 46,9% (807,7‰ в 2001 г.; 429,1‰ в 2019 г.), оставаясь статистически незначимой ( $p > 0,05$ ) выше средних значений по области. Результаты расчёта эпидемиологического риска для здоровья населения Кольчугинского района представлены в табл. 1.

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

<sup>1</sup> Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2022 году». Владимир: Изд-во: ГБУ «Экология региона», 2023. Вып. № 30. 181 с.

<sup>2</sup> 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.

Таблица 1 / Table 1

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

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

Класс болезней по МКБ-10 Class of diseases according to ICD-10		Дети / Children		Взрослые / Adults	
		И <sup>а</sup>	оценка степени риска assessment of the risk degree	И <sup>а</sup>	оценка степени риска assessment of the risk degree
A00–B99	Инфекционные болезни Infectious diseases	2.36	Высокий / High	3.47	Очень высокий Very high
C00–D48	Новообразования Neoplasms	3.00	Очень высокий Very high	2.56	Высокий / 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	0.63	Умеренный Moderate	2.53	Высокий / High
E00–E90	Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ Diseases of the endocrine system, eating disorders and metabolic disorders	1.78	Повышенный Elevated	18.37	Очень высокий Very high
F00–F99	Психические расстройства и расстройства поведения Mental disorders and behavioral disorders	5.15	Очень высокий Very high	2.16	Высокий / High
G00–G99	Болезни нервной системы Diseases of the nervous system	11.23	Очень высокий Very high	5.02	Очень высокий Very high
H00–H59	Болезни глаза и его придаточного аппарата Diseases of the eye and its accessory apparatus	2.46	Высокий / High	1.65	Повышенный Elevated
H60–H95	Болезни уха и сосцевидного отростка Diseases of the ear and mastoid process	3.49	Очень высокий Very high	1.71	Повышенный Elevated
I00–I99	Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	3.28	Очень высокий Very high	3.34	Очень высокий Very high
J00–J99	Болезни органов дыхания Respiratory diseases	3.17	Очень высокий Very high	3.62	Очень высокий Very high
K00–K93	Болезни системы органов пищеварения Diseases of the digestive system	2.52	Высокий / High	2.74	Высокий / High
L00–L99	Болезни кожи и подкожной клетчатки Diseases of the skin and subcutaneous tissue	3.70	Очень высокий Very high	5.36	Очень высокий Very high
M00–M99	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	7.42	Очень высокий Very high	2.19	Высокий / High
N00–N99	Болезни мочеполовой системы Diseases of the genitourinary system	2.35	Высокий / High	0.85	Умеренный Moderate
Q00–Q99	Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения Congenital anomalies (malformations), deformities and chromosomal disorders	1.05	Повышенный Elevated	Не рассматривалось Not considered	
S00–T98	Травмы и отравления Injuries and poisoning	7.59	Очень высокий Very high	3.20	Очень высокий Very high
O00–O99	Беременность, роды и послеродовой период Pregnancy, childbirth and the postpartum period	Не рассматривалось Not considered		1.71	Повышенный Elevated

Почвы в Кольчугинском районе Владимирской области представлены дерновыми, подзолистыми, серыми лесными и аллювиальными (в поймах рек). Преобладающими являются дерново-слабоподзолистые средне- и легкосуглинистые (74,6%), сформированные на покровных и моренных суглинках в южной, центральной, юго-восточной и юго-западной частях района, куда территориально относится и Кольчугино. Содержание гумуса варьируется в пределах 1,7–2,6%, мощность гумусового горизонта составляет 21–22 см, содержание физической глины (< 0,01 мм) – 23–32%. Для данного типа почвы характерны лёгкий гранулометрический состав и глееватость, pH почвенной среды в черте города варьирует в диапазоне 6,82–7,78 (табл. 2), что характеризует её как нейтральную и слабощелочную. Такой водородный показатель почвенной среды характерен для урбанизированных почв [14].

Максимальный pH почвенной среды (7,78) выявлен около предприятия «Кольчугинский завод по обработке цветных металлов» (точка № 1), минимальные значения водородного показателя (5,21 и 6,33) наблюдались в образцах, отобранных около садов в лесной части (точка отбора № 12, контроль) и на территории экопарка «Белая берёза» (точка № 10).

Удельная электропроводность водных вытяжек образцов городской почвы определяется в диапазоне 57,6–130,6 мкСм/см. Наибольшими значениями удельной электропроводности обладают образцы водных вытяжек почв, отобранные вблизи предприятия «Кольчугинский завод по обработке цветных металлов» (точка отбора № 1) и завода «Электрокабель» (точка отбора № 3), что подтверждает техногенное влияние данных производственных объектов на экологическое состояние прилегающей к заводам городской

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, единиц pH, units	Удельная электропроводность, мкСм/см Specific electrical conductivity, $\mu\text{S}/\text{cm}$
1	7.78	130.6
2	7.38	88.6
3	7.35	121.4
4	7.71	62.5
5	7.51	88.4
6	7.56	73.9
7	7.58	57.6
8	7.21	106.1
9	7.28	107.5
10	6.33	63.7
11	6.82	81.2
12	5.21	214.2

почвы. Высокое значение удельной электропроводности в контрольной точке (точка отбора № 12) обусловлено, вероятно, слабокислой реакцией среды почвенного раствора, способствующей переходу слаборастворимых форм химических соединений в подвижное состояние.

Концентрации ТМ в исследуемых почвах находились в следующих диапазонах (min  $\rightarrow$  max): Co – 6,05–11,26; As – 6,53–14,83; Ni – 23,3–40,36; Cr – 66,55–119,41; Pb – 18,95–150,33; Cu – 35,51–311,42; Zn – 91,3–390,90 мг/кг.

Результаты расчётов показателя накопления ( $I_n$ ) представлены в табл. 3. В качестве фонового значения для расчётов  $I_n$  хрома использовано минимальное установленное значение его концентрации (в данном случае в точке № 5).

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

Результаты расчётов коэффициента опасности представлены в табл. 4. По кобальту и хрому данные расчёты не проводили в связи с отсутствием нормативных показателей для валовых форм данных элементов. Ряд имеет следующий вид (min  $\rightarrow$  max): Ni  $\rightarrow$  Pb  $\rightarrow$  As  $\rightarrow$  Zn  $\rightarrow$  Cu.

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

Таблица 3 / Table 3

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

Точки отбора проб No. of sampling site	Химический элемент / Chemical element							$\Sigma_{\text{ср}}$
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
1	0.35	-0.39	0.05	8.15	5.48	3.31	9.02	3.71
2	0.79	-0.14	0.28	19.76	7.43	3.31	1.53	4.71
3	0.35	0.13	0.31	18.83	7.42	2.90	1.63	4.51
4	0.00	-0.25	-0.09	1.37	1.76	1.97	1.19	0.85
5	0.00	-0.12	0.06	1.40	1.52	3.73	0.50	1.01
6	0.41	-0.21	0.30	11.63	7.69	3.75	1.93	3.64
7	0.23	0.07	0.02	3.52	4.16	3.41	1.08	1.78
8	0.31	-0.30	-0.10	3.13	2.70	5.74	6.15	2.52
9	0.34	0.05	0.11	3.57	1.94	2.44	2.15	1.51
10	0.60	-0.21	-0.22	4.72	2.85	3.50	1.14	1.77
11	0.74	-0.26	0.35	13.08	6.79	3.87	3.67	4.03
12	0.06	-0.13	0.04	3.77	1.03	2.58	0.26	1.09
Ср. зн. / Average value	0.35	-0.15	0.09	7.75	4.23	3.38	2.52	–

Таблица 4 / Table 4

**Коэффициенты опасности ( $K_n$ ) тяжёлых металлов и мышьяка в образцах почв**Hazard coefficients ( $C_n$ ) of heavy metals in soil samples

Точки отбора проб No. of sampling site	Химический элемент / Chemical element					$\Sigma_{\text{ср}}$
	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
1	0.39	1.14	1.33	0.95	1.16	0.99
2	0.48	2.60	1.72	0.95	0.29	1.21
3	0.49	2.48	1.72	0.86	0.30	1.17
4	0.34	0.30	0.57	0.65	0.25	0.42
5	0.40	0.30	0.52	1.04	0.17	0.48
6	0.49	1.58	1.78	1.05	0.34	1.05
7	0.38	0.56	1.06	0.97	0.24	0.64
8	0.34	0.52	0.76	1.48	0.82	0.78
9	0.42	0.57	0.60	0.76	0.36	0.54
10	0.29	0.72	0.79	0.99	0.25	0.61
11	0.50	1.76	1.59	1.07	0.54	1.09
12	0.39	0.60	0.42	0.79	0.15	0.47
Ср. зн. / Average value	0.41	1.09	1.07	0.96	0.41	–

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

Точки отбора проб No. of sampling site	Химический элемент / Chemical element							Σср	$Z_c$
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb		
1	1.35	0.61	1.05	9.15	6.48	4.31	10.02	4.71	36.38
2	1.79	0.86	1.28	20.76	8.43	4.31	2.53	5.71	45.37
3	1.35	1.13	1.31	19.83	8.42	3.90	2.63	5.51	43.58
4	1.00	0.75	0.91	2.37	2.76	2.97	2.19	1.85	10.65
5	1.00	0.88	1.06	2.40	2.52	4.73	1.50	2.01	12.11
6	1.41	0.79	1.30	12.63	8.69	4.75	2.93	4.64	35.79
7	1.23	1.07	1.02	4.52	5.16	4.41	2.08	2.78	19.06
8	1.31	0.70	0.90	4.13	3.70	6.74	7.15	3.52	25.67
9	1.34	1.05	1.11	4.57	2.94	3.44	3.15	2.51	16.62
10	1.60	0.79	0.78	5.72	3.85	4.50	2.14	2.77	18.92
11	1.74	0.74	1.35	14.08	7.79	4.87	4.67	5.03	39.31
12	1.06	0.87	1.04	4.77	2.03	3.58	1.26	2.09	12.78
Ср. зн. / Average value	1.35	0.85	1.09	8.75	5.23	4.38	3.52	–	–

## Обсуждение

Оценка эпидемиологического риска показала, что у детей Кольчугинского района эпидемиологический риск заболеваемости по девяти классам болезней очень высок относительно фоновых региональных значений. У взрослого населения очень высок риск заболеваемости по семи классам болезней. Очень высокой является степень риска у детей и взрослых по пяти классам болезней (болезни нервной системы; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни кожи и подкожной клетчатки; травмы и отравления). Важно, что болезни данных классов рассматриваются учёными как ассоциированные с химическим загрязнением окружающей среды [15–18]. Одним из ведущих факторов риска для здоровья городского населения является загрязнение атмосферного воздуха, состояние которого можно косвенно оценить по содержанию различных поллютантов в почве.

Интенсивность накопления ТМ в городской почве как в депонирующей среде зависит от значения рН почвенной среды. Почвенный покров города Кольчугино характеризуется преимущественно нейтральной и слабощелочной реакцией, что во многом связано с трансформацией городских почв под воздействием антропогенных факторов, способствующих накоплению различных токсичных элементов, в том числе и ТМ. В данных условиях ТМ малоподвижны и могут иметь высокие концентрации в почве. Кроме того, их количественное содержание определяется уровнем техногенной нагрузки, химическими свойствами и формой соединений, а также целым комплексом специфических свойств самой городской почвы, обусловленных рядом факторов [19, 20].

Приоритетными загрязнениями почвенного покрова города Кольчугино являются As и Zn, относящиеся к первому классу опасности, а также Cu (второй класс опасности). Наличие в городской почве этих элементов значительно усиливает химическое загрязнение почвы, снижая её способность к естественному самоочищению. Наличие в почвенном покрове города Кольчугино таких опасных элементов, как As и Zn, связано со спецификой работы металлообрабатывающих предприятий города, прежде всего с выплавкой различных сплавов цветных металлов (латунные сплавы). При этом цинк в городских почвах, имеющих нейтральную или слабощелочную реакцию, малодоступен из-за сильной сорбции гидроксидами и оксидами железа и марганца, фосфатами, а также глинистыми минералами и имеет тенденцию к накоплению. Источником поступления As в атмосферу также становятся шихтовые материалы для сплавов и используе-

мые в качестве технологических добавок различные окислители, восстановители и флюсы. Медь в городской почве является слабомиграционным элементом. Наибольшее количество Cu в городской почве связано с оксидами железа и марганца, гидроксидами железа и алюминия [17], присутствующими в минералогическом составе материнской породы, а также привнесёнными в городскую почву за счёт техногенных процессов, связанных с деятельностью металлообрабатывающих производств. Наличие органических веществ в почве приводит к связыванию меди в процессе образования устойчивых металлоорганических комплексов. При уровне рН 7,0–8,0, характерном для почвы города Кольчугино, наблюдается наименьшая растворимость меди, что способствует её накоплению.

Опасная категория загрязнения городских почв по суммарному показателю  $Z_c$  зафиксирована в точках № 1–3, 6, 11, что, вероятно, обусловлено деятельностью градообразующих предприятий «Электрокабель» и «Кольчугцветметобработка» и городской розой ветров. Так, по данным интернет-портала [ru.meteocast.in](http://ru.meteocast.in) [21], в городе Кольчугино преобладают южный и юго-западный ветра. Значительную тревогу вызывает состояние почвенного покрова в парке Дворца культуры, расположенном в 200 м от промышленной зоны. Ежегодная посещаемость парка Дворца культуры жителями и гостями города, в том числе и родителями с детьми, составляет свыше 10 000 человек. Парк расположен в центре города и находится в зоне пешеходной доступности от основных районов. Как показано исследованием, приоритетными загрязнениями почвенного покрова парка являются всего Cu и Zn, что напрямую связано с деятельностью градообразующих предприятий. Но это обусловлено скорее всего не их нынешней деятельностью в условиях ужесточения требований к экологии металлообрабатывающих производств, а их прошлой деятельностью, имеющей столетнюю историю. Неблагополучное состояние почвенного покрова в точке № 6 (автодорога через центр города на г. Александров, характеризующаяся высоким потоком грузового автотранспорта) может быть обусловлено также влиянием транзитного потока автотранспорта [22–24]. Остальные точки, расположенные в зоне движения автомобильного транспорта (№ 4, 5), по суммарному показателю  $Z_c$  относятся к допустимой категории загрязнения ( $Z_c < 16$ ). Этим точкам свойственна значительная отдалённость от промышленной зоны, что свидетельствует о преобладании вклада в загрязнение почвенного покрова города деятельности промышленных предприятий.

Точки № 7–9, расположенные в селитебной зоне (социальные объекты и частный сектор), а также точка № 5



(ландшафтно-рекреационная зона) по суммарному уровню загрязнения почв относятся к умеренно опасной категории, что может нести определённые риски для здоровья городского населения. Точка № 12, выбранная в качестве контроля, по суммарному уровню загрязнения почв ожидаемо отнесена к допустимой категории загрязнения.

Таким образом, в целом эколого-гигиеническое состояние почв города Кольчугино нельзя назвать благополучным. Это связано с размещением большинства металлообрабатывающих производств в центральной части города, близким расположением промышленных производств относительно границ жилой и офисной застройки, растущим количеством автомобильного транспорта, спецификой самой городской почвы, способствующей накоплению в ней ТМ. При этом существуют риски вторичного загрязнения ТМ приземного слоя атмосферного воздуха, что представляет опасность для здоровья проживающего населения. Полученные результаты не в полной мере согласуются с результатами исследований, полученных коллегами при оценке риска для здоровья населения [13]. Поскольку настоящее исследование ограничено разовым отбором проб, интересным представляется продолжение исследования: изучение динамических показателей концентраций поллютантов в почве города Кольчугино, оценка риска для здоровья в связи с поступлением химических веществ из почвы в организм человека. Для минимизации ошибки репрезентативности следует увеличить число реперных участков.

## Заключение

Установлено, что в Кольчугинском районе отмечается незначительное снижение первичной заболеваемости детей, которое за период с 2001 по 2019 г. составило 5,6%. Несмотря на это, детская заболеваемость здесь остаётся одной из самых высоких в регионе. При этом заболеваемость взрослого населения за тот же период снизилась на 46,9%. Проведённое исследование по оценке эпидемиологического риска позволило установить, что у детей Кольчугинского района относительно фоновых региональных значений очень высокий эпидемиологический риск заболеваемости по 9 классам болезней. У взрослого населения очень высокий риск заболеваемости по 7 классам болезней. Одинаково очень высокая степень риска у детей и взрослых по пяти классам болезней

(болезни нервной системы; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни кожи и подкожной клетчатки; травмы и отравления).

Приоритетными загрязнениями почвенного покрова г. Кольчугино являются Zn, As и Cu, что прежде всего связано с деятельностью градообразующих металлообрабатывающих предприятий города. Особо следует отметить, что влияние этих предприятий затрагивает селитебную и ландшафтно-рекреационную городские зоны, тем самым нарушается сама концепция создания комфортной городской среды ввиду реально существующей опасности окружающей природной среде и здоровью населения. Серьёзное опасение вызывает состояние почвенного покрова в парке Дворца культуры, расположенного в 200 м от промышленной зоны градообразующих предприятий. Приоритетными загрязнениями почвенного покрова парка, как выявлено исследованием, являются прежде всего Cu и Zn, что напрямую указывает на источник их происхождения — деятельность градообразующих предприятий. Накопление ТМ в почвенном покрове г. Кольчугино определяется не только уровнем техногенной нагрузки, но и рядом факторов, вызывающих неизбежную трансформацию городской почвы, таких как выпадение карбонатной пыли, изменение кислотно-щелочного баланса в сторону увеличения pH почвенной среды, утяжеление гранулометрического состава, повышенное содержание органических веществ, запечатывание городских почв и т. д., что значительно ухудшает биологические возможности почвы к самоочищению. На современном этапе развития г. Кольчугино нельзя забывать и о вкладе в накопление металлов растущего парка автотранспорта и деятельности менее крупных предприятий и производств. Учитывая, что процесс самоочищения почвенного покрова очень длительный, необходимо разработать систему мероприятий по ремедиации почв города и обеспечить организацию здесь постоянного эколого-гигиенического мониторинга, особенно в селитебной и ландшафтно-рекреационной зонах города. С целью снижения дальнейшего поступления в почву города загрязняющих веществ и в частности ТМ необходимо повышать эффективность систем очистки газовоздушных выбросов металлообрабатывающих предприятий города, а также улучшить обустройство санитарно-защитных зон. Для сокращения содержания ТМ в почве необходимо проведение мероприятий по детоксикации загрязнённых почв.

## Литература

(п.п. 4, 7, 9, 23, 24 см. References)

- Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н. Эколого-гигиеническая оценка почв промышленного города со стекловальным производством по содержанию тяжёлых 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>
- 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>
- 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>
- Ильченко И.Н., Вялков А.И., Сырцова Л.Е., Ляпунов С.М., Окина О.И. О создании ранней диагностики и профилактики изменения здоровья детей, обусловленных воздействием тяжёлых металлов. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(6): 70–4. <https://elibrary.ru/iirnad>
- Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы). *Астраханский вестник экологического образования*. 2013; (1): 182–92. <https://elibrary.ru/pxntgr>
- Боев В.М., Зеленина Л.В., Кудусова Л.Х., Кряжева Е.А., Зеленин Д.О. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжёлыми металлами. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02> <https://elibrary.ru/pssyqm>
- Першина Ю.С., Мейсурова А.Ф. Загрязнение почв металлами в Твери. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия*. 2017; (3): 127–38. <https://elibrary.ru/zfhtyt>
- Жилкишинова Д.С. Оценка загрязнения тяжёлыми металлами (Pb, Zn, Cu, Cd) почвенно-растительного покрова урболандшафтов юго-западного Алтая. *Экология урбанизированных территорий*. 2013; (4): 138–45. <https://elibrary.ru/ruqkeh>
- Трифонова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А. Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями тяжёлых металлов и мышьяка. *Теоретическая и прикладная экология*. 2018; (2): 94–101. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1> <https://elibrary.ru/xtciqh>
- Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением почв, для здоровья населения городов. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(3): 299–304. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304> <https://elibrary.ru/huybjw>
- Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Власов Д.В. Факторы накопления тяжёлых металлов и металлоидов на геохимических барьерах в городских почвах. *Почвоведение*. 2015; (5): 536–53. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15050032> <https://elibrary.ru/tpwmzb>
- Маклакова О.А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование). *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 56–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.06> <https://elibrary.ru/wiogxn>
- Герман С.В., Бобровицкий И.П., Балакаева А.В. Влияние загрязнения воздуха твёрдыми взвешенными частицами на развитие болезней системы кровообращения (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(6): 555–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-555-559> <https://elibrary.ru/tckkue>
- Кадникова Е.П. Оценка состояния здоровья детей, проживающих в условиях воздействия токсической нагрузки в городах с развитой цветной металлургией Свердловской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2022; (9): 67–76. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76>

## Original article

18. Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Горяев Д.В., Четверкина К.В. Показатели заболеваемости детского населения в условиях аэрогенной химической экспозиции: факторы риска и ассоциативные связи. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2023; 67(6): 535–42. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-535-542> <https://elibrary.ru/nzyiex>
19. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжёлых металлах/металлоидах в почвах. *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2011; (68): 56–82. <https://elibrary.ru/ojghsf>
20. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О. *Магнетизм почв*. М.: Ярославль; 1995.
21. MeteoCast.in. Роза ветров в населённом пункте Кольчугино. Доступно: <https://ru.meteocast.in/windrose/ru/kolycugino/>
22. Марцев А.А., Селиванов О.Г., Трифонова Т.А. Оценка почвы придорожной территории автодороги Р72 по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 730–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-730-735> <https://elibrary.ru/aaajbj>

## References

1. 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)
2. Zharikova E.A. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Inzhiniring geosursov*. 2021; 332(1): 164–73. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009> <https://elibrary.ru/izrgui> (in Russian)
3. Kaverina N.V. Transformation of urban soils under technogenic impacts. *Problemy regional'noi ekologii*. 2020; (4): 113–7. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-14113> <https://elibrary.ru/hzhnvz> (in Russian)
4. Adimalla N., Chen J., Qian H. Spatial characteristics of heavy metal contamination and potential human health risk assessment of urban soils: A case study from an urban region of South India. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020; 194: 110406. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110406>
5. Il'chenko I.N., Vyalkov A.I., Syrsova L.E., 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): 70–4. <https://elibrary.ru/iimad> (in Russian)
6. Teplaya G.A. Heavy metals as a factor of oenvironmental pollution (review). *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*. 2013; (1): 182–92. <https://elibrary.ru/pxntrr> (in Russian)
7. Han Q., Wang M., Cao J., Gui C., Liu Y., He X., et al. Health risk assessment and bioaccessibilities of heavy metals for children in soil and dust from urban parks and schools of Jiaozuo, China. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020; 191: 110157. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110157>
8. 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>
9. Wallace D., Buha A. 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>
10. Pershina Yu.S., Meisurova A.F. Soil contamination by metals in Tver. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya*. 2017; (3): 127–38. <https://elibrary.ru/zfhtyt> (in Russian)
11. Zhilkinshinova D.S. Assessment of heavy metal (PB, ZN, CU, CD) contamination of the vegetative soil cover of urban landscapes of south-western Altai. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2013; (4): 138–45. <https://elibrary.ru/ruqkeh> (in Russian)
12. Trifonova T.A., Podolets A.A., Selivanov O.G., Martsev A.A. Assessment of soil contamination in the recreational areas of the city by the industrial compounds of heavy metals and arsenic. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2018; (2): 94–101. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1> <https://elibrary.ru/xtciqh> (in Russian)
13. Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Makarov O.A. Carcinogenic risk associated with soil pollution for urban population health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(3): 299–304. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304> <https://elibrary.ru/huybjw> (in Russian)
14. Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Vlasov D.V. Factors of the accumulation of heavy metals and metalloids at geochemical barriers in urban soils. *Pochvovedenie*. 2015; (5): 536–53. <https://doi.org/10.1134/S1064229315050038> <https://elibrary.ru/ufwudj> (in Russian)
15. Maklakova O.A. Assessing risks of respiratory organs diseases and comorbid pathology in children caused by ambient air contamination with technogenic chemicals (cohort study). *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (2): 56–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.06> <https://elibrary.ru/rzccaa>
16. German S.V., Bobrovnikskii I.P., Balakaeva A.V. The impact of air pollution with the particulate matter on the development of cardiovascular diseases (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(6): 555–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-555-559> <https://elibrary.ru/tckkue> (in Russian)
17. Kadnikova E.P. Assessment of the health status of children exposed to industrial toxicants in the towns with developed non-ferrous metallurgy of the Sverdlovsk Region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2022; (9): 67–76. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76> (in Russian)
18. Kol'dibekova Yu.V., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Chetverkina K.V. Morbidity rates of the children population under conditions of aerogenic chemical exposure: risk factors and associations. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2023; 67(6): 535–42. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-535-542> <https://elibrary.ru/nzyiex> (in Russian)
19. Vodyanitskii Yu.N. About dangerous heavy metals/metalloids in soils. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*. 2011; (68): 56–82. <https://elibrary.ru/ojghsf> (in Russian)
20. Babanin V.F., Trukhin V.I., Karpachevskii L.O. *Soil Magnetism [Magnetizm pochv]*. Moscow: Yaroslavl'; 1995. (in Russian)
21. MeteoCast.in. Wind rose in Kol'chugino place. Available at: <https://meteocast.in/windrose/ru/kolycugino/>
22. Martsev A.A., Selivanov O.G., Trifonova T.A. Evaluation of the roadside soil of the p72 highway by the content of heavy metals and arsenic. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(7): 730–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-730-735> <https://elibrary.ru/aaajbj> (in Russian)
23. Charlesworth S., Everett M., McCarthy R., Ordóñez A., de Miguel E. A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. *Environ. Int.* 2003; 29(5): 563–73. [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(03\)00015-1](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(03)00015-1)
24. Li X., Poon C., Liu P. Heavy metal contamination on urban soils and street dust in Hong Kong. *Appl. Geochem.* 2001; 16(11–12): 1361–8. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(01\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(01)00045-2)

## Информация об авторах

**Марцев Антон Андреевич**, доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии и экологии ФГБОУ ВО «ВлГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия. E-mail: [MartsevAA@yandex.ru](mailto:MartsevAA@yandex.ru)

**Селиванов Олег Григорьевич**, зав. лаб. каф. биологии и экологии ФГБОУ ВО «ВлГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 600000, Владимир, Россия.

**Курбатов Юрий Николаевич**, аспирант каф. биологии и экологии ФГБОУ ВО «ВлГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 600000, Владимир, Россия.

**Трифонова Татьяна Анатольевна**, доктор биол. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, профессор факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, зав. каф. биологии и экологии ФГБОУ ВО «ВлГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 600000, Владимир, Россия.

## Information about the authors

**Anton A. Martsev**, MD, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163> E-mail: [MartsevAA@yandex.ru](mailto:MartsevAA@yandex.ru)

**Oleg G. Selivanov**, MD, Head of the Laboratory of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>

**Yurij N. Kurbatov**, MD, postgraduate student of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854>

**Tatyana A. Trifonova**, MD, PhD, DSci, Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Professor of the Faculty of Soil Science of the Lomonosov Moscow State University, Head of the Department of Biology and Ecology of the Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>