



УДК 614.7

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

## Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка

Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А.

Воронежский государственный университет,  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1  
E-mail: skurolap@mail.ru

**Аннотация.** Техногенное загрязнение атмосферы – приоритетный фактор риска для здоровья населения промышленных городов. В то же время недостаточно научных данных, характеризующих опасность загрязнения воздушного бассейна химическими веществами с канцерогенным эффектом воздействия на человека. В связи с этим авторами проведена оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка. В качестве исходных данных использованы сведения о результатах мониторинговых лабораторных исследований, выполненных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» в 2017–2021 гг. Канцерогенный риск оценивался в соответствии с положениями Руководства Р. 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Установлено, что из 6 лабораторно контролируемых канцерогенов в атмосферном воздухе (формальдегид, соединения свинца, сажа, соединения  $\text{Cr}^{6+}$ , бензол, бенз[а]пирен) имелись факты превышения предельно допустимого риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) по концентрациям формальдегида (для детей 6 лет до  $2,24 \times 10^{-4}$ , для взрослых до  $2,40 \times 10^{-4}$ ), бензола (для детей в возрасте 6 лет – до  $3,31 \times 10^{-4}$ , для взрослых – до  $3,54 \times 10^{-4}$ ), сажи (до  $1,15 \times 10^{-4}$  и  $1,23 \times 10^{-4}$  соответственно), бенз[а]пирена (до  $4,22 \times 10^{-4}$  и  $4,52 \times 10^{-4}$  соответственно). В этой связи для территории города Липецка необходим систематический контроль концентраций этих канцерогенов, расширение сети маршрутных постов наблюдения, а также реализация мероприятий по охране атмосферного воздуха от загрязнения.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, мониторинг, канцерогенный риск, эколого-гигиеническая безопасность населения, выбросы загрязняющих веществ.

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 20-17-00172 «Урбоэкодиагностика состояния воздушной среды крупных промышленных городов Центрального Черноземья: воздействие шумового фактора, канцерогенные риски и обеспечение экологической безопасности».

**Для цитирования:** Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А. 2021. Мониторинг и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха. Региональные геосистемы, 45 (2): 236–245. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

---

## Monitoring of atmospheric air pollution and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk

Oleg V. Klepikov, Semyon A. Kurolap, Vladislav A. Sedykh

Voronezh State University,  
1 Universitetskaya Sq, Voronezh, 394018, Russia  
E-mail: skurolap@mail.ru

**Abstract.** Technogenic pollution of the atmosphere is a priority risk factor for the health of the population of industrial cities. At the same time, there is insufficient scientific data characterizing the danger of air pollution by chemicals with a carcinogenic effect on humans. In this regard, the authors assessed the carcinogenic risks to the health of the population of the city of Lipetsk. As the initial data, we used information on the results of monitoring laboratory studies carried out by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region in 2017–2021. The carcinogenic risk was assessed in accordance with the provisions of Guideline Manual 2.1.10.1920-04 “Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment”. It was established that out of 6 laboratory controlled carcinogens in the air (formaldehyde, lead compounds, soot, chromium<sup>6+</sup> compounds, benzene, benz-a-pyrene), there were facts of exceeding the maximum permissible risk ( $1 \times 10^{-4}$ ) for formaldehyde concentrations (for children 6 years old up to  $2.24 \times 10^{-4}$ , for adults up to  $2.40 \times 10^{-4}$ ), benzene (for children aged 6 years – up to  $3.31 \times 10^{-4}$ , for adults – up to  $3.54 \times 10^{-4}$ ), soot (up to  $1.15 \times 10^{-4}$  and  $1.23 \times 10^{-4}$ , respectively), benz-a-pyrene (up to  $4.22 \times 10^{-4}$  and  $4.52 \times 10^{-4}$ , respectively). In this regard, for the territory of the city of Lipetsk, it is necessary to systematically monitor the concentrations of these carcinogens, to expand the network of route observation posts, as well as to take measures to protect the atmospheric air from pollution.

**Keywords:** atmospheric air pollution, monitoring, carcinogenic risk, environmental and hygienic safety of the population, emissions of pollutants

**Acknowledgments:** the study was carried out within the framework of the project of the Russian Science Foundation No. 20-17-00172 "Urbo-ecological diagnostics of the state of the air environment in large industrial cities of the Central Black Earth Region: the impact of the noise factor, carcinogenic risks and ensuring environmental safety."

**For citation:** Klepikov O.V., Kurolap S.A., Sedykh V.A. Monitoring and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk, caused by air pollution. *Regional Geosystems*, 45 (2): 236–245 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

---

## Введение

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, проблема загрязнения атмосферного воздуха является актуальной для здоровья населения всех стран с низким, средним и высоким уровнем доходов [Всемирная организация здравоохранения, 2020].

Применение методологии оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов окружающей среды, в том числе связанного с ухудшением качества воздушной среды, хорошо себя зарекомендовало на практике для обоснования управленческих природоохранных решений и мероприятий по обеспечению эколого-гигиенической безопасности населения [Попова и др., 2017; Бакиров и др., 2018]. Несмотря на проводимые мероприятия по снижению выбросов и организацию санитарно-защитных зон, загрязнение атмосферного воздуха мегаполисов выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта в настоящее время является одним из значимых техногенных факторов риска для здоровья населения [Сергеев и др., 2016; Ревич, 2018; Осипов и др., 2019; Федоров и др., 2019]. Обращается внимание на канцерогенный риск здоровью населения, т.к. общеизвестно, что воздействие канцерогенов на организм человека имеет беспороговый характер, а уровни снижения риска и показатели здоровья населения в настоящее время рассматриваются как критерии оценки эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» [Попова и др., 2019]. Вместе с тем, наиболее высокие уровни канцерогенных рисков отмечаются в крупных промышленных городах – Норильске, Челябинске, Красноярске, Чите – причем, не всегда реализуемые в рамках федерального проекта «Чистый воздух» мероприятия приносят ожидаемый эффект снижения воздействия загрязнения на здоровье населения [Ревич, 2020]. Высокие уровни аэрогенных рисков чаще отмечаются в зонах воздействия предприятий I и II классов опасно-



стей по санитарной классификации объектов [Боев и др., 2018], вблизи объектов металлургического и химического производства, а также источников загрязнения воздушного бассейна мелкодисперсными взвешенными частицами от предприятий строительной индустрии, что отмечено в промышленно развитых городах Центрального Черноземья – Воронеже, Липецке, Белгороде [Денисенко и др., 2011; Попов и др., 2012; Боровлев, 2020].

В зарубежных статьях оценке канцерогенного риска здоровью также уделяется значительное внимание. В частности, обращается внимание на проблему загрязнения воздуха городов Китая полициклическими ароматическими углеводородами [Guo et al., 2021]. В результате исследований по оценке риска здоровью населения, проведенных в столице Китая – городе Пекин, выявлены неприемлемые уровни риска из-за загрязнения атмосферного воздуха летучими органическими загрязнителями [Liu et al., 2021]. Проведенный обзор качества воздуха в 27 странах-членах Европейского союза (ЕС) и Великобритании, по данным с 2000 по 2017 гг., свидетельствует, что, несмотря на снижение объема выбросов от промышленных источников, из-за роста числа автомобилей, ситуация, связанная с уровнем загрязнения воздушной среды, остается тревожной, и для достижения целей Директив по качеству окружающего воздуха и смягчения воздействия загрязнения воздуха необходимо срочно принять меры на всех уровнях управления [Sicard et al., 2021]. Даже кратковременное воздействие загрязнения воздушной среды может приводить к нежелательным эффектам и обострению течения заболеваний [Yee et al., 2021].

Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта содержат от 200 до 300 компонентов, в том числе и канцерогенов. Наиболее известными из них являются бенз-а-пирен, формальдегид, сажа. С ростом количества автотранспорта, особенно в крупных городах, проведенными исследованиями в зонах воздействия уличных магистралей, которые практически находятся на территории жилой застройки, выявляются факты высокого уровня как неканцерогенного, так и канцерогенного риска [Звягинцева, Звягинцев, 2018; Литвинова, Молотилова, 2018].

Особенность территории города Липецка состоит в том, что в городской черте расположены производства Новолипецкого металлургического комбината (ПАО «НЛМК»), объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от которого занимает лидирующее место в общей структуре выбросов от всех источников. Как и во всех городах, в Липецке отмечается рост автотранспортной нагрузки.

Исследования по оценке канцерогенного риска в Липецке, как города с развитой металлургической отраслью, проводились около 10 лет назад [Денисенко, 2011; Попов и др., 2012]. За это десятилетие следует отметить и положительные моменты: благодаря внедрению современных технологий и модернизации оборудования на ПАО «НЛМК» при росте объема производства объем выбросов загрязняющих веществ снизился в 1,5 раза и соответствует уровню наилучших доступных технологий в металлургии.

Вместе с тем, несмотря на наличие санитарно-защитных зон производств, нельзя полностью исключить вероятное влияние канцерогенов, содержащихся в выбросах этого предприятия полного металлургического цикла в сочетании с ростом автотранспортной нагрузки, что делает исследования по оценке канцерогенного риска в городе Липецке актуальными.

Цель работы заключалась в оценке канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха.

### **Объекты и методы исследования**

В качестве исходных данных использованы сведения о результатах мониторинговых лабораторных исследований, выполненных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» в 2017–2021 гг., включающих определение концентраций формальде-

гида, свинца, сажи,  $\text{Cr}^{6+}$ , бензола, бенз[а]пирена, 1,3-бутадиена и стирола в приземном слое атмосферного воздуха.

Канцерогенный риск оценивался в соответствии с положениями Руководства Р. 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». При этом рассчитывалось среднее значение концентрации в конкретной мониторинговой точке за год, определялась максимальная концентрация. Далее проводился расчет вероятных доз поступления канцерогена в организм ингаляционным путем. Применены стандартные факторы экспозиции (объем вдыхаемого воздуха, масса тела, продолжительность воздействия) для возрастных групп детей 6 лет и взрослого населения, рекомендованные в Руководстве. Индивидуальный канцерогенный риск (ICR) рассчитывался исходя из величин средних и максимальных доз поступления канцерогенов в организм как произведение дозы (ADD, мг/кг в сутки) на фактор наклона (фактор канцерогенного потенциала, SF). SF – табличная величина, показывающая пропорцию роста риска на единицу дозы канцерогена (мг/кг в сутки)<sup>-1</sup>. Результаты расчетов сравнивались с предельно допустимым уровнем риска ( $1 \times 10^{-4}$ , что эквивалентно 1 дополнительному случаю онкологического заболевания среди 10000 населения от воздействия конкретного канцерогена).

### Результаты и их обсуждение

В 2017–2019 гг. в атмосферном воздухе проводилось определение концентраций формальдегида, свинца, сажи, хрома<sup>6+</sup>, бензола, бенз-а-пирена. Принцип выбора маршрутных точек отбора проб воздуха – подфакельный. В 2017 г. мониторинг осуществлялся в 5 точках:

- № 1 – ул. Адм. Макарова, 24, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 2 – ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 3 – проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 4 – ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 5 – ул. Гагарина, д. 33.

В 2018 г. мониторинг осуществлялся в 5 точках (4 точки (№ 1–4) совпадают с 2017 г.):

- № 1 – ул. Адм. Макарова, 24, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 2 – ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 3 – проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 4 – ул. Степная, 19 под факелом НЛМК, 1 км;
- добавлена точка № 6 – ул. Ленина, 3, под факелом НЛМК, 4 км.

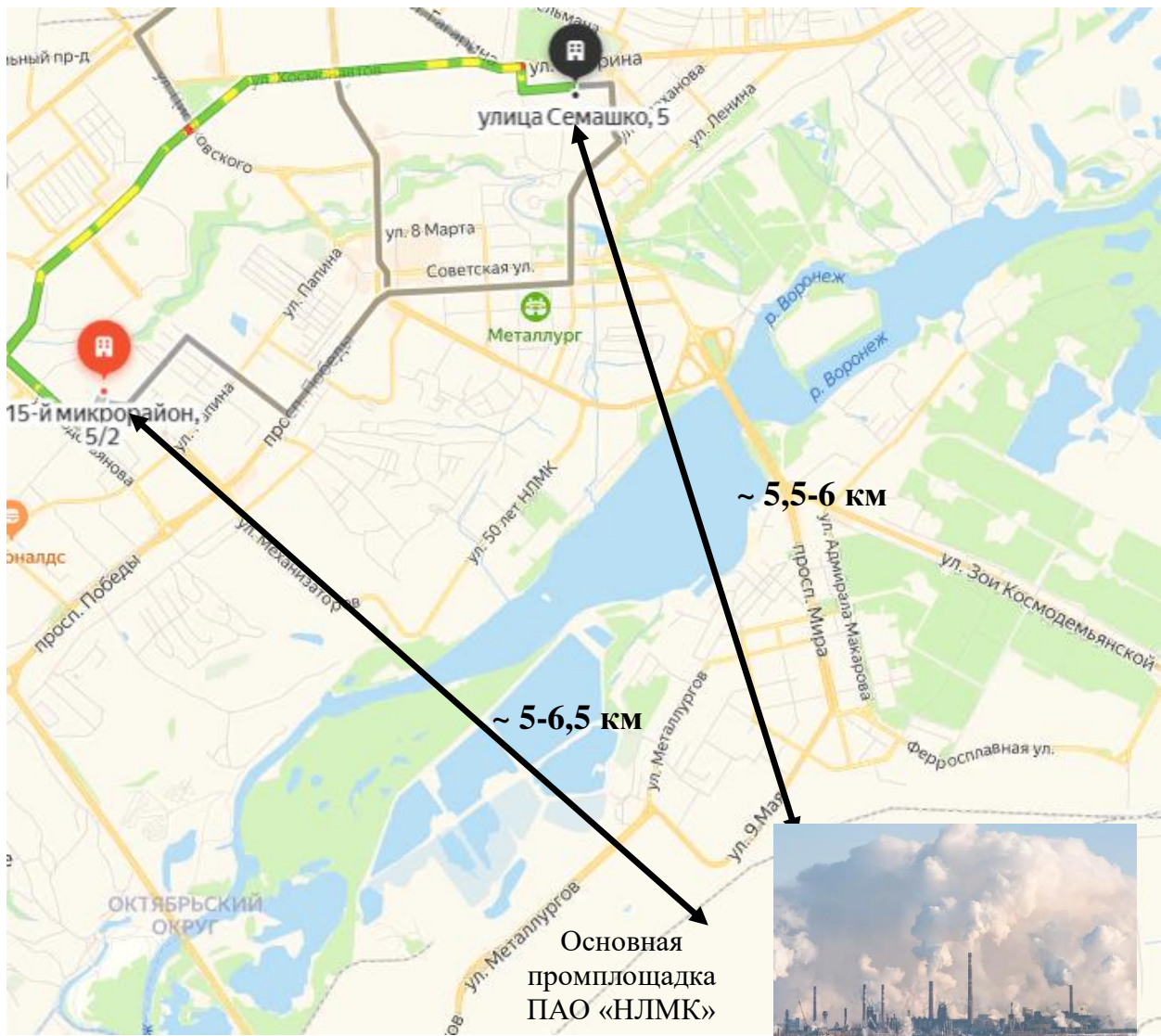
В 2019 г. мониторинг осуществлялся в 7 точках (5 точек (№ 1–4 и № 6) совпадают с точками 2017–2018 гг.), добавлены точки:

- № 7 – ул. Зои Космодемьянской, д. 164, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 8 – ул. Липовская, 6, под факелом НЛМК, 4 км.

В 2020 г. в рамках договора № 3010-15/334-20 от 28.07.2020 г. Воронежского государственного университета и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» выполнены исследования уровня загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом, свинцом, сажей, соединениями  $\text{Cr}^{6+}$ , бензола, бенз[а]пиреном, 1,3-бутадиеном, стиролом в 2-х мониторинговых точках отбора проб воздуха (№ 9 и № 10), которые расположены непосредственно в жилых кварталах (внутриквартально): точка № 9 – ул. Семашко, д. 5; точка № 10–15 микрорайон, д. 5/2.

Эти точки выбраны на правобережной части города и относительно удалены от основной промплощадки ПАО «НЛМК» (ориентировочно на 5–6 км), которая расположена на левобережной части города (см. рисунок).

Анализ данных за 2017–2019 гг. показывает, что в атмосферном воздухе города Липецка обнаруживается формальдегид в концентрациях от 0,005 до 0,04 мг/м<sup>3</sup> (проведено 301 исследование). Максимум концентрации зарегистрирован 29.10.2019 в контрольной точке № 1 ул. Адм. Макарова, 24, под факелом НЛМК на расстоянии 1 км от основной промплощадки. Среднее значение концентрации формальдегида за этот период – 0,0204 ± 0,005 мг/м<sup>3</sup>. Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации формальдегида для детей 6 лет –  $2,24 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $2,40 \times 10^{-4}$ , что выше предельно допустимого уровня риска, принятого в Российской Федерации ( $1 \times 10^{-4}$ ). Вместе с тем, в методологии оценки риска принято использовать средние концентрации (довернее всего – средние значения среднесуточных концентраций), что характеризует хроническое воздействие. Рассчитанный по средней концентрации формальдегида за 2017–2019 гг. – 0,0204 мг/м<sup>3</sup>, индивидуальный канцерогенный риск для детей в возрасте 6 лет –  $1,14 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,22 \times 10^{-4}$ , что также выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ).



Расположение мониторинговых точек контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха в 2020–2021 гг. [Яндекс-карты, 2021]  
Location of monitoring points for monitoring the level of air pollution in 2020–2021 [Яндекс-карты, 2021]

В 2017 г. в атмосферном воздухе выше чувствительности методов лабораторного контроля периодически обнаруживались свинец (максимальная концентрация  $0,009 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км); сажа (максимальная концентрация  $0,03 \text{ мг/м}^3$  в точке ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км); бензол (максимальная концентрация –  $0,022 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км). Соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля ( $0,0004 \text{ мг/м}^3$ ).

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации свинца для детей в возрасте 6 лет –  $4,60 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $4,92 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации свинца расчеты не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации сажи для детей в возрасте 6 лет –  $5,65 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $6,06 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации сажи расчеты не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации бензола для детей в возрасте 6 лет –  $7,22 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $7,742 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации бензола расчеты индивидуального канцерогенного риска не проводились.

В 2018 г. в атмосферном воздухе выше чувствительности методов лабораторного контроля обнаруживались свинец (максимальная концентрация  $0,00053 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км) и бензол (максимальная концентрация  $0,021$  в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км). Бензол, сажа, соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля, следовательно, можно говорить, что их концентрации  $< 0,0001$ ,  $< 0,025$  и  $< 0,0004 \text{ мг/м}^3$  соответственно.

В 2019 г. лабораторно обнаружен свинец (максимальная концентрация –  $0,00012 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км) и бензол (максимальная концентрация –  $0,035 \text{ мг/м}^3$  в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км).

Сажа и соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля ( $0,025$  и  $0,0004 \text{ мг/м}^3$  соответственно).

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации свинца для детей в возрасте 6 лет –  $6,13 \times 10^{-7}$ , для взрослых –  $6,57 \times 10^{-7}$ , что значительно ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) и ниже величины целевого риска ( $1 \times 10^{-6}$ ). В этой связи по средней концентрации свинца расчеты канцерогенного риска по данным 2019 г. не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации бензола для детей в возрасте 6 лет –  $1,15 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,23 \times 10^{-4}$ , что выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). При средней концентрации –  $0,017875 \text{ мг/м}^3$  – для детей в возрасте 6 лет индивидуальный канцерогенный риск  $5,78 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $6,29 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ), но выше величины целевого риска ( $1 \times 10^{-6}$ ).

Исследования 2020–2021 гг. в контрольных точках № 9 и № 10, которые расположены непосредственно в жилых кварталах на ул. Семашко, 5 и в 15-ом микрорайоне, д. 5/2, на удалении 5,0–6,5 км от основной промплощадки ПАО «НЛМК» показали, что формальдегид, соединения  $\text{Cr}^{6+}$ , 1,3-бутадиен, стирол не обнаружены. Чувствительность применяемых методов лабораторного контроля (нижний предел обнаружения) соответственно составляет  $0,005$ ,  $0,0004$ ,  $0,5$  и  $0,001 \text{ мг/м}^3$ .



По данным 2020 г., средние концентрации свинца –  $0,0004 \text{ мг/м}^3$ , сажи –  $0,0368 \text{ мг/м}^3$ , бензола –  $0,0046 \text{ мг/м}^3$ , бенз[а]пирена –  $0,000031 \text{ мг/м}^3$ . Максимальные концентрации свинца –  $0,00049 \text{ мг/м}^3$ , сажи –  $0,061 \text{ мг/м}^3$ , бензола –  $0,1007 \text{ мг/м}^3$ , бенз[а]пирена –  $0,00089 \text{ мг/м}^3$ .

Индивидуальные канцерогенные риски, рассчитанные по средним концентрациям лабораторно обнаруженных в атмосферном воздухе веществ, как для детей в возрасте 6 лет, так и для взрослого населения в 2020 г. не превышали предельно допустимого риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) (см. таблицу).

Индивидуальные канцерогенные риски, рассчитанные по максимальным концентрациям веществ, для детей в возрасте 6 лет и взрослого населения превышали величину предельно допустимого риска по воздействию сажи –  $1,15 \times 10^{-4}$  и  $1,23 \times 10^{-4}$ , бензола –  $3,31 \times 10^{-4}$  и  $3,54 \times 10^{-4}$ , бенз[а]пирена –  $4,22 \times 10^{-4}$ , и  $4,52 \times 10^{-4}$  соответственно. Следует отметить, что результаты оценки риска по максимальным концентрациям веществ превышают уровень существующей опасности, поскольку речь идет о разовых концентрациях, которые имеют место непостоянно, в редких случаях, но они могут служить в качестве индикаторных показателей.

Индивидуальные канцерогенные риски в городе Липецке, 2020–2021 гг.  
Individual carcinogenic risks in the city of Lipetsk, 2020–2021

Канцероген	Дети (6 лет)		Взрослые	
	По средней концентрации	По максимальной концентрации	По средней концентрации	По максимальной концентрации
Свинец	$2,04 \times 10^{-6}$	$2,50 \times 10^{-6}$	$2,19 \times 10^{-6}$	$2,68 \times 10^{-6}$
Сажа	$6,43 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-4}$	$7,94 \times 10^{-5}$	$1,23 \times 10^{-4}$
Бензол	$1,51 \times 10^{-5}$	$3,31 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-6}$	$3,54 \times 10^{-4}$
Бенз[а]пирен	$1,47 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-5}$	$4,52 \times 10^{-4}$

### Заключение

При подфакельных исследованиях 2017–2019 гг. установлено, что индивидуальный канцерогенный риск, связанный с присутствием формальдегида в атмосферном воздухе, для детей в возрасте 6 лет –  $1,14 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,22 \times 10^{-4}$ , что выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В ряде случаев вызывает опасение присутствие бензола (в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км): индивидуальный канцерогенный риск для детей в возрасте 6 лет –  $1,15 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,23 \times 10^{-4}$ , что также выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ).

Лабораторное подтверждение обнаружения в атмосферном воздухе города Липецка, по данным 2020–2021 гг., свинца, сажи, бензола, бенз[а]пирена в жилой зоне на расстоянии от основного источника выбросов (производственной площадки ПАО «НЛМК»), составляющем 5,0–6,5 км, свидетельствует о необходимости постоянного контроля концентраций этих канцерогенов, так как величина целевого (безопасного) риска (п. 7.6.7 Р. 2.1.10.1920-04) для условий населенных мест в России составляет  $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-5}$ .

Как и для любого исследования, процесс и результат оценки канцерогенного риска для здоровья населения города Липецка имеет неопределенности, которые в нашей работе связаны с применением стандартных формул расчета доз без учета индивидуальных особенностей организма и принятого времени пребывания в месте экспозиции (24 часа в сутки), отсутствием возможности дифференцирования концентраций веществ в атмосферном воздухе и в воздухе помещений, дискуссионным вопросом репрезентативности данных мониторинга и, прежде всего, ограниченным числом контрольных точек систематических наблюдений и выполненных в них определений концентраций веществ.

Нельзя также говорить о том, что исключительно все канцерогенные риски связаны с металлургическим производством, т.к. существует масса других промышленных источников выбросов и растет объем выбросов от автотранспорта.

Вместе с тем, мониторинг (лабораторный контроль) дает более репрезентативную информацию для оценки канцерогенного риска, чем результаты моделирования концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, т.к. определяются истинные концентрации канцерогенов в реальный момент времени при фактически сложившихся метеорологических условиях с использованием метрологически аттестованных методик.

В этой связи следует обратить внимание на необходимость совершенствования мониторинга содержания канцерогенов в атмосферном воздухе города Липецка, а к числу приоритетных канцерогенов, систематический контроль которых необходим, следует отнести формальдегид, бензол, сажу, бенз[а]пирен.

### Список источников

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение атмосферного (наружного) воздуха: Всемирная организация здравоохранения. 2020. Электронный ресурс. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 9 июня 2020).
2. Яндекс-карты. Электронный ресурс. URL: <https://yandex.ru/maps/9/lipetsk> (дата обращения: 12 января 2021).

### Список литературы

1. Бакиров А.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х. 2018. Эколого-гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения техногенных территорий Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека, 3 (15): 5–12.
2. Боев В.М., Карпенко И.Л., Боев М.В., Бархатова Л.А., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А. 2018. Гигиеническая оценка аэрогенного риска для здоровья населения в районах размещения предприятий I, II класса опасности с обоснованием размеров санитарно-защитных зон. Медицина труда и экология человека, 2 (14): 5–10.
3. Боровлев А.Э. 2020. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилых зон. Региональные геосистемы, 44 (1): 97–103. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103.
4. Денисенко В.И., Ендальцева И.А., Заряева Е.В. 2011. Риск для здоровья населения, обусловленный воздействием загрязняющих веществ металлургического производства. Санитарный врач, 9: 57–60.
5. Звягинцева О.Ю., Звягинцев В.В. 2018. Оценка канцерогенного риска здоровью населения г. Чита от воздействия аэротоксикантов. XXI век. Техносферная безопасность, 3 (4(12)): 67–74. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-67-74.
6. Литвинова Н.А., Молотилова С.А. 2018. Влияние выбросов автотранспорта на заболеваемость и риск здоровью населения г. Тюмени. Экология человека, 8: 11–16.
7. Осипов В.Д., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. 2019. Воздействие канцерогенных загрязнителей окружающей среды в крупном промышленном центре как фактор формирования хронического гиперпластического ларингита. Медицина в Кузбассе, 18 (2): 54–57.
8. Попов В.И., Клепиков О.В., Ендальцева И.А. 2012. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения, проживающего вблизи металлургического производства. Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 11 (3): 742–745.
9. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. 2017. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. Гигиена и санитария, 96 (12): 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129.
10. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. 2019. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» Анализ риска здоровью, 4: 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01.





11. Ревич Б.А. 2020. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? Экологический вестник России, 3: 58–68.
12. Ревич Б.А. 2018. Качество атмосферного воздуха в мегаполисах и риски здоровью населения. В кн.: Человек в мегаполисе: опыт междисциплинарного исследования. Под ред. Б.А. Ревича, О.В. Кузнецовой. М., ЛЕНАНД: 214–225.
13. Сергеев А.К., Сучков В.В., Анисимов В.Н. 2016. Комплексная оценка риска здоровью населения при воздействии загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городского округа Самара. Смоленский медицинский альманах, 1: 213–216.
14. Фёдоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. 2019. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населённых мест на примере городов Ленинградской области. Гигиена и санитария, 98 (6): 657–664. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664.
15. Guo L., Hu J., Xing Y., Wang H., Miao S., Meng Q., Wang X., Bai S., Jia J., Wang P., Zhang R., Gao P. 2021. Sources, environmental levels, and health risks of PM<sub>2.5</sub>-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in energy-producing cities in northern. Environmental Pollution, 272: 116024. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.116024.
16. Liu Y., Kong L., Liu X., Zhang Y., Li C., Zhang Y., Zhang C., Qu Y., An J., Ma D., Tan Q., Feng, M., Zha S. 2021. Characteristics, secondary transformation, and health risk assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) in urban Beijing, China. Atmospheric Pollution Research, 12 (3): 33–46. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.013.
17. Sicard P., Agathokleous E., De Marco A., Paoletti E., Calatayud V. 2021. Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. Environmental Sciences Europe, 33 (1): 28. DOI: 10.1186/s12302-020-00450-2.
18. Yee J., Cho Y., Yoo H., Yun H., Gwak H. 2021. Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis. Environmental Health, 20 (1): 6. DOI: 10.1186/s12940-020-00687-7.

## References

1. Bakirov A.B., Suleimanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R., Stepanov E.G., Davletnurov N.Kh. 2018. Ecological-hygienic assessment of human carcinogenic health risk of technogenic territories in the Republic of Bashkortostan. Occupational medicine and human ecology, 3 (15): 5–12 (in Russian).
2. Boev V.M., Karpenko I.L., Boev M.V., Barchatova L.A., Zelenina L.V., Kryazhev D.A. 2018. Hygienic Assessment of Aerogenic Health Risk for the Population Living Near the Hazardous Class I, II Enterprises with Determination of Sanitary Protection Zones Sizes. Occupational medicine and human ecology, 2 (14): 5–10 (in Russian).
3. Borovlev A.E. 2020. Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas. Regional Geosystems, 44 (1): 97–103. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103 (in Russian).
4. Denisenko V.I., Endalitseva I.A., Zaryaeva E.V. 2011. Risk for Health of the Population Connected with Pollution from Metallurgical Plant. Sanitary doctor, 9: 57–60 (in Russian).
5. Zvyaginiceva O.Yu., Zvyaginicev V.V. 2018. Assessment of Carcinogenic Harm to Health of the Chita Population by Inflicted by Aerotoxicants. Technosphere Safety. XXI Century, 3 (4(12)): 67–74. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-67-74 (in Russian).
6. Litvinova N.A., Molotilova S.A. 2018. The Influence of Motor Transport Emissions on Morbidity and Health Risk of the Population of Tyumen City. Human Ecology, 8: 11–16 (in Russian).
7. Osipov V.D., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Shtaiiger V.A. 2019. Exposure to Carcinogenic Environmental Pollutants in a Large Industrial Center as a Factor for Forming Chronic Hyperplastic Laryngitis. Medicin in Kuzbass, 18 (2): 54–57 (in Russian).
8. Popov V.I., Klepikov O.V., Endalitseva I.A. 2012. Estimation of the Carcinogenic Risk for Health of the Population, Living Near by Metallurgical Plant. System analysis and management in biomedical systems, 11 (3): 742–745 (in Russian).

9. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. 2017. Modern Issues of the Health Risk Assessment and Management. *Hygiene and Sanitation*, 96 (12): 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129 (in Russian).
10. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V. 2019. Population Health as a Target Function and Criterion for Assessing Efficiency of Activities Performed within "Pure Air" Federal Project. *Health Risk Analysis*, 4: 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01 (in Russian).
11. Revich B.A. 2020. How Effective is "Clean Air for Health in 12 Cities" Project? *Environmental Bulletin of Russia*, 3: 58–68 (in Russian).
12. Revich B.A. 2018. Kachestvo atmosfernogo vozduha v megapolisah i riski zdorov'ju naselenija [Ambient air quality in megacities and public health risks.]. In: *Chelovek v megapolise: opyt mezhdisciplinarnogo issledovaniya* [A person in a metropolis: an experience of interdisciplinary research]. Red. by B.A. Revich, O.V. Kuznecova. Moscow, Publ. LENAND: 214–225.
13. Sergeev A.K., Suchkov V.V., Anisimov V.N. 2016. Complex Assessment of Population Health Risk Exposed to Pollutants in Atmospheric Air in Samara. *Smolensk Medical Almanac*, 1: 213–216 (in Russian).
14. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Istorik O.A., Myasnikov I.O. 2019. Problems of Outdoor Air Quality Hygienic Assessment in the Cities of the Leningrad Region. *Hygiene and Sanitation*, 98 (6): 657–664. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664 (in Russian)
15. Guo L., Hu J., Xing Y., Wang H., Miao S., Meng Q., Wang X., Bai S., Jia J., Wang P., Zhang R., Gao P. 2021. Sources, environmental levels, and health risks of PM<sub>2.5</sub>-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in energy-producing cities in northern. *Environmental Pollution*, 272: 116024. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.116024.
16. Liu Y., Kong L., Liu X., Zhang Y., Li C., Zhang Y., Zhang C., Qu Y., An J., Ma D., Tan Q., Feng M., Zha S. 2021. Characteristics, secondary transformation, and health risk assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) in urban Beijing, China. *Atmospheric Pollution Research*, 12 (3): 33–46. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.013.
17. Sicard P., Agathokleous E., De Marco A., Paoletti E., Calatayud V. 2021. Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe*, 33 (1): 28. DOI: 10.1186/s12302-020-00450-2.
18. Yee J., Cho Y., Yoo H., Yun H., Gwak H. 2021. Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health*, 20 (1): 6. DOI: 10.1186/s12940-020-00687-7.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Клепиков Олег Владимирович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

**Куrolап Семён Александрович**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

**Седых Владислав Александрович**, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Oleg V. Klepikov**, doctor of biological sciences, professor, professor of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.

**Semyon A. Kurolap**, doctor of geographical sciences, professor, head of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.

**Vladislav A. Sedykh**, postgraduate student of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.