

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63>

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОСОГОРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА ГОРОДА ТУЛЫ

Научная статья

Клепиков О.В.^{1,*}, Чубирко М.И.², Епринцев С.А.³, Виноградов П.М.⁴, Шекоян С.В.⁵, Дьякова Н.А.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-9228-620X;

² ORCID : 0000-0002-4886-5674;

³ ORCID : 0000-0002-5266-9238;

⁴ ORCID : 0000-0001-6978-8463;

⁵ ORCID : 0000-0002-8178-0066;

⁶ ORCID : 0000-0002-0766-3881;

^{1, 3, 4, 5, 6} Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация

² Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (klepa1967[at]rambler.ru)

Аннотация

Металлургические предприятия являются мощными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Целью исследования являлась оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения Косогорского металлургического завода города Тулы на соответствие действующим гигиеническим нормативам. По результатам наших независимых исследований, хотя они имели и разовый характер и, как известно, в этом случае имеются неопределенности связанные с ограниченным количеством проб и определяемых компонентов, превышений гигиенических нормативов содержания оксида углерода, формальдегида, диоксида серы, диоксида азота, взвешенных вещества (пыли) не установлено. Предприятие активно внедряет системы очистки – современные аспирационные установки (доменные цеха), системы пылеподавления при разгрузке сырья из вагонов – аппараты форсуночного типа и туманогенератор.

Ключевые слова: загрязнение, атмосферный воздух, металлургическое производство, природоохранные мероприятия.

EVALUATION OF THE LEVEL OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN THE AREA OF KOSOGORSKY METALLURGICAL PLANT LOCATION IN TULA

Research article

Klepikov O.V.^{1,*}, Chubirko M.I.², Yeprintsev S.A.³, Vinogradov P.M.⁴, Shekoyan S.V.⁵, Dyakova N.A.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-9228-620X;

² ORCID : 0000-0002-4886-5674;

³ ORCID : 0000-0002-5266-9238;

⁴ ORCID : 0000-0001-6978-8463;

⁵ ORCID : 0000-0002-8178-0066;

⁶ ORCID : 0000-0002-0766-3881;

^{1, 3, 4, 5, 6} Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

² Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (klepa1967[at]rambler.ru)

Abstract

Metallurgical enterprises are powerful sources of pollutant emissions into the atmospheric air. The aim of the study was to evaluate the level of atmospheric air pollution in the area of Kosogorsky metallurgical plant of Tula for compliance with current hygienic standards. According to the results of our independent research, although they were of one-time nature and, as it is known, in this case there are uncertainties associated with a limited number of samples and determined components, no exceedances of hygienic standards of carbon monoxide, formaldehyde, sulphur dioxide, nitrogen dioxide, suspended matter (dust) were found. The enterprise actively implements cleaning systems – modern aspiration units (blast furnace shops), dust suppression systems when unloading raw materials from railcars – nozzle-type apparatuses and fog generator.

Keywords: pollution, atmospheric air, metallurgical production, environmental protection measures.

Введение

Несмотря на совершенствование технологических процессов и активное проведение природоохранных мероприятий, металлургические производства продолжают оставаться в числе лидеров по негативному воздействию на окружающую среду и здоровье населения, что показано в ряде современных работ [1], [2], [3].

Несомненно, что масштаб негативного воздействия на окружающую среду зависит от мощности производства и ассортимента выпускаемой металлургическими предприятиями продукции, но экологическая безопасность в настоящее время является одной из приоритетных характеристик металлургических производств, обеспечивающих их социальный имидж в сочетании с конкурентоспособностью на российском и мировом рынках [4].

Неблагоприятное воздействие Косогорского металлургического комбината на окружающую среду изучалось с позиции оценки содержания тяжелых металлов в природно-антропогенных и сельскохозяйственных ландшафтах, а также изучения изменений видового разнообразия животного мира в ареалах с техногенно загрязненной почвой [5], [6], [7].

К числу приоритетных экологических проблем Косогорского металлургического завода, которые предприятие не скрывает и активно ищет решения по их устранению, относятся пыле- и газовыделения литейного производства. Эта проблема известна и жителям поселка Косая гора городского округа город Тула, которые периодически замечали «рыжие облака», поднимающиеся с территории предприятия [8].

В этой связи в рамках выездного исследования проведен отбор и анализ проб атмосферного воздуха в непосредственной близости от предприятия.

Целью исследования являлась оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения Косогорского металлургического завода города Тулы на соответствие действующим гигиеническим нормативам.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования являлся атмосферный воздух в районе расположения предприятия по производству доменного чугуна и ферромарганца, промышленного и художественного литья, шлакового щебня – Косогорского металлургического завода (АО «КМЗ»), расположенного в поселке Косая гора городского округа город Тула.

Проведен анализ содержания 5 приоритетных загрязняющих компонентов в атмосферном воздухе: оксид углерода, формальдегид, диоксид серы, диоксид азота, взвешенные вещества (пыль). Исследования по оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха выполнены на базе экоаналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Для определения содержания загрязняющих веществ использовался газоанализатор ГАНК-4 (А) со встроенными датчиками и сменными химическими кассетами. Все измерения проводились в соответствии с Методикой выполнения измерений (МВИ) массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе газоанализатором ГАНК-4 с изменением №1 (2019), МВИ 4215-002-56591409-2009, регистрационный код МВИ по Федеральному реестру ФР.1.31.2009.06144. Измерения массовой концентрации компонентов выполнялось следующими методами: оксид углерода – электрохимический со встроенным датчиком; формальдегид, диоксид серы, диоксид азота – оптически-спектрофотометрический со сменной химкассетой [9].

Все измерения концентраций загрязняющих веществ с использованием газоанализатора ГАНК-4 (А) выполнены в режиме «Фиксированное t усреднения», время усреднения (t) задавалось 20 мин, что требуется для определения максимально-разовой концентрации в атмосферном воздухе в соответствии с руководством по эксплуатации [10].

Для отбора проб атмосферного воздуха на определение концентрации взвешенных веществ (пыли) использован расходомер-пробоотборник газоаэрозольных смесей ПУ-5 (электроаспиратор) с фильтрами АФА-ВП-20. Определение концентрации взвешенных веществ проводилось гравиметрическим методом анализа в соответствии РД 52.04.893-2020 «Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом» [11].

Пробы воздуха отбирались и анализировались 14, 15, 16 мая 2024 г. (рисунок 1).



Рисунок 1 - Отбор проб атмосферного воздуха в точках контроля вблизи Косогорского металлургического завода проводят профессор О.В. Клепиков и доцент С.А. Епринцев
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.1>

Отбор проб произведен в 3-х контрольных точках территории жилой застройки поселка Косая гора городского округа город Тула, для которых характерно наименьшее расстояние до промплощадки предприятия: ул. Октябрьская, 13 (трехэтажный жилой дом, расстояние 120 м до границы предприятия, цех ТЭЦ-ПВС); ул. Демешковская, 36 (одноэтажный жилой дом с участком, 80 метров до границы предприятия, цех ТЭЦ-ПВС); ул. Максима Горького, 2 (у пятиэтажного жилого дома, наиболее близкого к литейному цеху предприятия, расстояние 260 м) – рисунок 2.

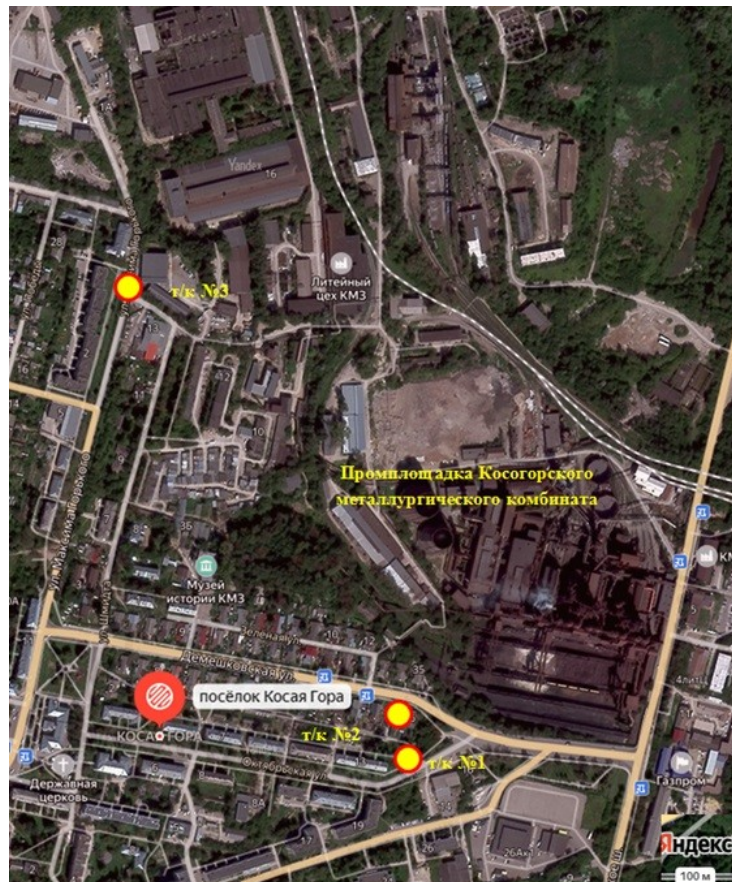


Рисунок 2 - Точки контроля (т/к) уровня загрязнения атмосферного воздуха в поселке Косая гора городского округа город Тула вблизи Косогорского металлургического завода
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.2>

Примечание: для подготовки иллюстрации использованы Яндекс карты

Метрологические характеристики – диапазоны измерений массовых концентраций вредных веществ, показатели точности для использованных методик, а также гигиенические нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест представлены в табл. 1.

Всего выполнено 18 измерений концентраций 5 веществ в 3 точках контроля с расчетом средних значений в каждой точке ($C \pm \delta$) и определением соотношения установленного содержания загрязняющих веществ к их максимально разовым ПДК в атмосферном воздухе городских и сельских поселений ($C/ПДК_{м.р.}$).

Таблица 1 - Метрологические характеристики используемых методик и гигиенические нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.3>

Наименование загрязнителей	Диапазон измерения массовой концентрации в соответствии с МВИ, мг/м ³	Показатель точности (относительная погрешность, δ) при $p=0,95$, %	Максимально разовая ПДК в атмосферном воздухе ($ПДК_{м.р.}$), мг/м ³ *	Класс опасности
оксид углерода	1,8 – 10	22	5,0	4
формальдегид	0,0018 – 0,25	22	0,05	2
диоксид серы	0,030 – 5	22	0,5	3
диоксид азота	0,024 – 1,0	22	0,2	3
взвешенные вещества (пыль)	0,15 – 10	5,5	0,5	-

Примечание: *по СанПиН 1.2.3685-21 Раздел I. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений) [12]

Основные результаты

По результатам определения концентраций загрязняющих веществ в точках контроля выявлено, что в т/к №1 и №2 ситуация по уровню загрязнения атмосферного воздуха отличается от контрольной точки т/к №3, в которой загрязняющих веществ не обнаружено (на уровне нижнего предела чувствительности метода). Превышений ПДК загрязняющих веществ в контрольных точках не выявлено (табл. 2).

Несмотря на незначительное удаление жилых домов от промплощадки предприятия (80-260 м), качество атмосферного воздуха по определяемым компонентам в дни проведения измерений соответствовало гигиеническим нормативам.

Таблица 2 - Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в точках контроля вблизи Косогорского металлургического завода

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.4>

Наименование загрязнителей	ПДК, мг/м ³ *)	т/к №1	т/к №1	т/к №2	т/к №2	т/к №3	т/к №3
		C±δ, мг/м ³	C/ПДК _{м.р.}	C±δ, мг/м ³	C/ПДК _{м.р.}	C±δ, мг/м ³	C/ПДК _{м.р.}
оксид углерода	5,0	2,39±0,53	0,53	2,28±0,50	0,46	<1,8	-
формальдегид	0,05	0,0055±0,001	0,11	0,0035±0,0008	0,07	<0,0018	-
диоксид серы	0,5	0,052±0,011	0,10	<0,03	-	<0,03	-
диоксид азота	0,2	0,097±0,021	0,49	0,046±0,010	0,23	<0,024	-
взвешенные вещества (пыль)	0,5	0,32±0,02	0,64	0,42±0,03	0,84	<0,15	-

Примечание: * по СанПиН 1.2.3685-21 (раздел I. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений) [12]

Обсуждение

Изучая экологическую ситуацию на Косогорском металлургическом заводе по материалам открытых источников, следует отметить, что по отношению к прошлому периоду она становится лучше. Так, по материалам Тульской общественной организации «Экологическая защита» от 2021 года установлено, что источником появления «бурых облаков» аэрозолей (железосодержащей пыли), видимых невооруженным глазом над территорией завода, являлись процессы открытой выгрузки из вагонов неофлюсованных окатышей – железнорудного сырья, а «черных облаков» (углеродсодержащей пыли) – процессы разгрузки кокса [8], [13].

В настоящее время (2022 – 2004 гг.), в результате поэтапно проводимых предприятием природоохранных мероприятий, эта проблема практически решена за счет ввода в эксплуатацию системы пылеподавления в местах разгрузки сырья, включающей аппарат форсуночного типа из которого поступающая в пространство диспергированная вода осаживает взвешенные вещества из атмосферного воздуха, и новый туманогенератор, с функцией генерации снега, что обеспечивает эффективное осаждение пыли и блокирует её унос за пределы производственной площадки предприятия при периодической разгрузке сырьевых материалов независимо от сезона года.

Поэтапно модернизируются и система очистки выбросов от доменных печей, основной выброс вредных веществ в воздушную среду от которых происходит при сливе чугуна. На печах смонтированы и действуют современные аспирационные установки, в которых реализован принцип очистки на рукавных фильтрах. Скопившаяся в рукавах пыль периодически выгружается и частично используется в производстве металлургических брикетов, которые возвращаются в технологический процесс выплавки чугуна в доменных печах.

Следует отметить, что в 2022 году Косогорский металлургический завод прошел процедуру Общественного экологического контроля [13].

Заключение

Ситуация с загрязнением атмосферного воздуха вблизи Косогорского металлургического комбината меняется в лучшую сторону. Предприятие активно внедряет системы очистки – современные аспирационные установки (доменные цеха), системы пылеподавления при разгрузке сырья из вагонов – аппараты форсуночного типа и туманогенератор.

По результатам наших независимых исследований, хотя они имели и разовый характер и, как известно, в этом случае имеются неопределенности связанные с ограниченным количеством проб и определяемых компонентов, превышений гигиенических нормативов содержания оксида углерода, формальдегида, диоксида серы, диоксид азота, взвешенных вещества (пыли) не установлено.

В целом полученные нами результаты согласуются с официальными данными Управления Роспотребнадзора по Тульской области, которое имеет маршрутную точку мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха в поселке Косая гора: по материалам надзорных мероприятий и социально гигиенического мониторинга в 2022 и 2023 гг. (ежегодно анализируется свыше 3 тыс. проб), превышений гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не зарегистрировано [14].

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

Благодарности

Авторы благодарят руководителя Управления Роспотребнадзора по Тульской области, доктора медицинских наук Ломовцева Александра Эдуардовича за консультационную помощь в выборе объекта исследования и ситуационного расположения контрольных точек отбора проб атмосферного воздуха.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Мишкин Д.В., Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.5>

Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

Acknowledgement

The authors express their gratitude to Lomovtsev Alexander E Eduardovich, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Rosпотребнадзор in Tula Oblast, for consulting assistance in the selection of the research object and situational location of the control points of atmospheric air sampling.

Conflict of Interest

None declared.

Review

Mishkin D.V., Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.63.5>

Список литературы / References

1. Мурзин М.А. Влияние металлургического производства на состояние окружающей среды / М.А. Мурзин, М.С. Тепина // Металлург. — 2022. — 2. — с. 51-54. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48042631> (дата обращения: 12.05.2024). — DOI: 10.52351/00260827_2022_02_51
2. Черемисин А.А. Экология как одна из важнейших современных проблем металлургии / А.А. Черемисин, А.В. Каверзин, В.В. Величко // Культура. Наука. Производство. — 2023. — 11. — с. 77-81. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50767831_54829385.pdf (дата обращения: 07.06.2024) DOI: 10.52978/26187701_2023_11_77-81.
3. Турсукова И.И. Методический подход к оценке эффективности деятельности металлургического предприятия в условиях экологических рисков / И.И. Турсукова, М.Г. Байметова // Экономика, предпринимательство и право. — 2024. — 2. — с. 277-288. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_63548400_26153695.pdf (дата обращения: 07.06.2024) DOI: 10.18334/epp.14.2.120551 .
4. Семенова Ю.Е. Влияние металлургических предприятий на окружающую среду / Ю.Е. Семенова, В.Д. Воронько // Наука и бизнес: пути развития. — 2020. — 10(112). — с. 88-90. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44491016_98024880.pdf (дата обращения: 07.06.2024)
5. Борисочкина Т.И. Тяжелые металлы в природно-антропогенных и сельскохозяйственных ландшафтах зон воздействия металлургических комплексов Тульской промышленной агломерации / Т.И. Борисочкина, Т.А. Колчанова // Экология и промышленность России. — 2023. — 1. — с. 66-71. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50056612> (дата обращения: 07.06.2024) DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-66-71.
6. Гонгальский К.Б. Связь пространственного распределения численности почвенных беспозвоночных и содержания тяжелых металлов в почве в окрестностях Косогорского металлургического комбината (Тульская обл.) / К.Б. Гонгальский, Ж.Б. Филимонова, А.С. Зайцев // Экология. — 2010. — 1. — с. 70-73. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13044866> (дата обращения: 07.06.2024)
7. Филимонова Ж.В. Сообщества крупных почвенных животных на границе участков слабого и сильного загрязнения от Косогорского металлургического комбината (Тульская область) / Ж.В. Филимонова, К.Б. Гонгальский // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. — 2011. — 25. — с. 472-477. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17391658> (дата обращения: 07.06.2024)
8. Портал Тульские новости. ПАО «КМЗ» загрязняет экологию Тульской области? — URL: https://newstula.ru/fn_760170.html (дата обращения: 07.06.2024)

9. Методика выполнения измерений массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе газоанализатором ГАНК-4 с изменением №1 (2019), МВИ 4215-002-56591409-2009, регистрационный код МВИ по Федеральному реестру ФР.1.31.2009.06144. М. ООО «НПО «ПРИБОР» ганк», 2020. — 30 с.

10. Газоанализатор универсальный ГАНК 4. Руководство по эксплуатации. М. ООО «НПО «ПРИБОР» ганк», 2020. — 110 с. — URL: <https://www.gank4.ru/upload/doc/ГАНК-4.pdf> (дата обращения: 7.06.2024).

11. РД 52.04.893-2020 «Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом», Санкт-Петербург: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2020. — 24 с. — URL: http://mgmtmo.ru/edumat/rd/52.04.893_2020.pdf (дата обращения: 07.06.2024).

12. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 07.06.2024).

13. КМЗ: «лисьих хвостов» не будет к 2025 году ИА Тульская пресса 13.10.2022. — URL: <https://tulapressa.ru/2022/10/kmz-lisix-xvostov-ne-budet-k-2025-godu/> (дата обращения: 07.06.2024)

14. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2023 году: Государственный доклад. — Тула: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области, 2024. — 209 с. — URL: <https://71.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/036/v22x3wm5wh4lcpghkqnfyhgy8ci5td11.pdf> (дата обращения: 07.06.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Murzin M.A. Vliyanie metallurgicheskogo proizvodstva na sostojanie okruzhajuschej sredy [The impact of metallurgical production on the environment] / M.A. Murzin, M.S. Tepina // Metallurgist. — 2022. — 2. — p. 51-54. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48042631> (accessed: 12.05.2024). — DOI: 10.52351/00260827_2022_02_51 [in Russian]

2. Cheremisin A.A. Ekologija kak odna iz vazhnejshih sovremennyh problem metallurgii [Ecology as one of the most important modern problems of metallurgy] / A.A. Cheremisin, A.V. Kaverzin, V.V. Velichko // Culture. Science. Production. — 2023. — 11. — p. 77-81. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50767831_54829385.pdf (accessed: 07.06.2024) DOI: 10.52978/26187701_2023_11_77-81. [in Russian]

3. Tursukova I.I. Metodicheskij podhod k otsenke effektivnosti dejatel'nosti metallurgicheskogo predpriyatija v uslovijah ekologicheskikh riskov [A methodological approach to assessing the effectiveness of a metallurgical enterprise in terms of environmental risks] / I.I. Tursukova, M.G. Bajmetova // Economics, entrepreneurship and law. — 2024. — 2. — p. 277-288. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_63548400_26153695.pdf (accessed: 07.06.2024) DOI: 10.18334/epp.14.2.120551. [in Russian]

4. Semenova Ju.E. Vliyanie metallurgicheskikh predpriyatij na okruzhajuschuju sredu [The impact of metallurgical enterprises on the environment] / Ju.E. Semenova, V.D. Voron'ko // Science and business: ways of development. — 2020. — 10(112). — p. 88-90. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44491016_98024880.pdf (accessed: 07.06.2024) [in Russian]

5. Borisochkina T.I. Tjzhelye metally v prirodno-antropogennyh i sel'skohozjajstvennyh landshaftah zon vozdejstvija metallurgicheskikh kompleksov Tul'skoj promyshlennoj aglomeratsii [Heavy metals in natural, anthropogenic and agricultural landscapes of the impact zones of metallurgical complexes of the Tula industrial agglomeration] / T.I. Borisochkina, T.A. Kolchanova // Ecology and industry of Russia. — 2023. — 1. — p. 66-71. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50056612> (accessed: 07.06.2024) DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-66-71. [in Russian]

6. Gongal'skij K.B. Svjaz' prostranstvennogo raspredelenija chislennosti pochvennyh bespozvonochnyh i sodержaniya tjzhelyh metallov v pochve v okrestnostjah Kosogorskogo metallurgicheskogo kombinata (Tul'skaja obl.) [The relationship between the spatial distribution of the number of soil invertebrates and the content of heavy metals in the soil in the vicinity of the Kosogorsky Metallurgical Combine (Tula region)] / K.B. Gongal'skij, Zh.B. Filimonova, A.S. Zajtsev // Ecology. — 2010. — 1. — p. 70-73. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13044866> (accessed: 07.06.2024) [in Russian]

7. Filimonova Zh.V. Soobshchestva krupnyh pochvennyh zhivotnyh na granitse uchastkov slabogo i sil'nogo zagryaznenija ot Kosogorskogo metallurgicheskogo kombinata (Tul'skaja oblast') [Communities of large soil animals on the border of areas of weak and heavy pollution from the Kosogorsky Metallurgical Combine (Tula region)] / Zh.V. Filimonova, K.B. Gongal'skij // Proceedings of the Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinsky. — 2011. — 25. — p. 472-477. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17391658> (accessed: 07.06.2024) [in Russian]

8. Portal Tul'skie novosti. PAO «KMZ» zagryaznyaet ekologiyu Tul'skoj oblasti? [Tula News portal. Does Kosogorsky Metallurgical Plant pollute the ecology of the Tula region?]. — URL: https://newstula.ru/fn_760170.html (accessed: 07.06.2024) [in Russian]

9. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj koncentracii vrednyh veshchestv v atmosfernom vozduhe gazoanalizatorom GANK-4 s izmenenijem №1 (2019) [Methodology for measuring the mass concentration of harmful substances in atmospheric air with the GANK-4 gas analyzer with amendment No. 1 (2019)], MVI 4215-002-56591409-2009, registration code of MVI according to the Federal Register FR.1.31.2009.06144. М. NPO PRIBOR Gank LLC, 2020. — 30 p. [in Russian]

10. Gazoanalizator universal'nyj GANK 4. Rukovodstvo po ekspluatcii [Universal GANK gas analyzer 4. Operation manual. М. NPO PRIBOR Gank LLC, 2020]. — 110 p. — URL: <https://www.gank4.ru/upload/doc/ГАНК-4.pdf> (accessed: 7.06.2024). [in Russian]

11. RD 52.04.893-2020 «Massovaya koncentraciya vzveshennyh veshchestv v probah atmosfernogo vozduha. Metodika izmerenij gravimetricheskim metodom» [RD 52.04.893-2020 "Mass concentration of suspended solids in atmospheric air samples. Gravimetric measurement method"], St. Petersburg: Federal Service for Hydrometeorology and Environmental

Monitoring (Roshydromet), 2020. — 24 p. — URL: http://mgmtmo.ru/edumat/rd/52.04.893_2020.pdf (accessed: 06/07/2024). [in Russian]

12. SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya" [Sanitary norms and rules 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans"]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 06/07/2024). [in Russian]

13. KMZ: «lis'ih hvostov» ne budet k 2025 godu IA Tul'skaya pressa 13.10.2022 [Kosogorsky Metallurgical Plant : there will be no "fox tails" by 2025. Tula Press News Agency 13.10.2022]. — URL: <https://tulapressa.ru/2022/10/kmz-lisix-xvostov-ne-budet-k-2025-godu/> (accessed: 06/07/2024) [in Russian]

14. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Tul'skoj oblasti v 2023 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Tula region in 2023: State report]. — Tula: Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Tula region, 2024. — 209 p. — URL: <https://71.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/036/v22x3wm5wh4lcphgkqnfyhgy8ci5td11.pdf> (accessed: 07.06.2024) [in Russian]