

УДК 613.6:574  
БАК: 05.26.06  
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-5-70-81>

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2019

# Риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами стационарных источников филиала ОАО «Российские железные дороги» в г. Новокузнецке

Кислицына В. В.\*,  
Ликонцева Ю. С.,  
Суржинов Д. В.,  
Голиков Р. А.,

Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний,

654041, Россия, г. Новокузнецк,  
ул. Кутузова, д. 23

## Аннотация

**Цель работы:** оценка и анализ риска для здоровья населения г. Новокузнецка от воздействия атмосферных выбросов стационарных источников железнодорожного транспорта.

**Методы исследования:** проведен анализ тома предельно допустимых выбросов (ПДВ) структурных подразделений ОАО «Российские железные дороги» (РЖД) в г. Новокузнецке. Расчет максимальных и среднегодовых концентраций токсичных веществ от каждого источника по выбранным точкам воздействия производился согласно «Методам расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» с использованием программы «ЭКОцентр-Стандарт». Риски нарушения здоровья населения рассчитывались в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04 и методикой А. П. Щербо «Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска» и сравнивались с приемлемыми значениями.

**Основные результаты исследования:** приоритетными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу города от стационарных источников ОАО «РЖД» и определяющими формирование риска хронической интоксикации, являются диоксид железа, диоксид азота, диоксид углерода, гидрофторид, сера диоксид. Сажа как канцерогенное вещество не представляет опасности для состояния здоровья населения. Наибольший суммарный уровень риска хронической интоксикации наблюдается в районе железнодорожного вокзала. Наибольший вклад в формирование риска хронической интоксикации вносят выбросы источников вагоноремонтного депо. Уровни рисков немедленного действия от воздействия всех выбранных загрязнителей равны нулю. Определение уровней рисков нарушения здоровья с учетом фоновых концентраций токсичных веществ выявило, что наибольшие уровни рисков немедленного действия во всех расчетных точках наблюдаются от влияния углерод оксида. Предложены мероприятия, направленные на снижение уровней рисков.

**Закключение:** стационарные источники структурных подразделений ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха города, не оказывая значительного воздействия на состояние здоровья населения.

**Ключевые слова:** стационарные источники, железнодорожный транспорт, атмосферные выбросы, токсичные вещества, риски для здоровья населения, фоновые концентрации.

**Для цитирования:** Кислицына В. В., Ликонцева Ю. С., Суржинов Д. В., Голиков Р. А. Риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами стационарных источников филиала ОАО «Российские железные дороги» в г. Новокузнецке // Проблемы анализа риска. Т. 16. 2019. № 5. С. 70—81, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-5-70-81>

# Risk for the health of the population from the pollution of atmospheric air by emissions of stationary sources of the branch OJSC “Russian Railways” in Novokuznetsk

Kislitsyna Vera V.\*,  
Likontseva Yulia S.,  
Surzhikov Dmitry V.,  
Golikov Roman A.

Research institute for complex  
problems of hygiene and  
occupational diseases,  
654041, Russia, Novokuznetsk,  
Kutuzova str., 23

## Annotation

**Objective of the work:** assessment and analysis of the risk to the health of the population of Novokuznetsk from the effects of atmospheric emissions from stationary sources of rail transport.

**Research methods:** the volume of the maximum permissible emissions of the structural units of the OJSC “Russian Railways” in the city of Novokuznetsk was analyzed. The calculation of the maximum and average annual concentrations of toxic substances from each source for selected exposure points was made according to the “Methods for calculating the dispersion of emissions of harmful (polluting) substances into the atmospheric air” using the “ECO Center Standard” program. Health risks were calculated in accordance with the “Guidelines for the assessment of the public health risk when exposed to chemicals polluting the environment: “G 2.1.10.1920-04” and methodology A. P. Scherbo “Environment and health: approaches to risk assessment” were compared with acceptable values.

**Main results of the study:** priority pollutants entering to the city’s atmosphere from stationary sources of OJSC “Russian Railways” and determining the risk of chronic intoxication are dioxide ferric, nitrogen dioxide, carbon oxide, hydrofluoride, sulfur dioxide. Soot as a carcinogen is not dangerous for public health. The highest total risk of chronic intoxication is observed in the area of the railway station. The greatest contribution to the formation of the risk of chronic intoxication is made by emissions from the sources of the wagon repair depot. The levels of immediate risks from exposure to all selected pollutants are zero. Determining of the levels of health risks taking into account the background concentrations of toxic substances revealed that the highest levels of immediate risks at all design points are observed from the influence of carbon oxide. The proposed activities aimed at reducing risk levels.

**Conclusion:** stationary sources of the structural units of Russian Railways in Novokuznetsk contribute to air pollution in the city without having a significant impact on the health of the population.

**Keywords:** stationary sources, rail transport, air emissions, toxic substances, public health risks, background concentrations.

**For citation:** Kislitsyna Vera V., Likontseva Yulia S., Surzhikov Dmitry V., Golikov Roman A. Risk for the health of the population from the pollution of atmospheric air by emissions of stationary sources of the branch ojsc “Russian Railways” in Novokuznetsk // Issues of Risk Analysis. Vol. 16. 2019. No. 5. P. 70—81, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-5-70-81>

## Содержание

Введение

1. Характеристика объектов исследования

2. Оценка уровней рисков для здоровья населения от воздействия стационарных источников филиала ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке

3. Оценка риска для здоровья с учетом фоновых концентраций загрязняющих веществ

Заключение

Литература

## Введение

По данным ВОЗ, состояние здоровья населения на 20—30% зависит от экологической обстановки. В настоящее время в России в большинстве промышленных центров сложилась чрезвычайная экологическая ситуация, около 55% городского населения проживает в населенных пунктах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Атмосфера — наиболее подвижная среда, и распространение через нее загрязнений, особенно химическими элементами, осуществляется особенно активно. Поэтому в охране окружающей среды особое место занимает защита от загрязнения атмосферного воздуха, представляющего растущую угрозу для здоровья населения и благосостояния общества [1, 2].

Для оценки воздействия многокомпонентных выбросов промышленных предприятий и транспорта на здоровье населения используется методология оценки риска, которая позволяет получить количественную оценку потенциальной опасности для здоровья, обусловленной воздействием неблагоприятных факторов в реальных условиях населенных пунктов [3—5]. Анализ и оценка риска здоровью населения от воздействия различных факторов окружающей среды являются одними из наиболее актуальных междисциплинарных задач в современной науке и практике. За последние 10 лет в области методологии анализа и оценки риска совершен качественный и количественный рывок в деятельности международных организаций и их подразделений, а также агентств ведущих стран [6].

Железнодорожный транспорт признан в мире одним из наиболее экологичных видов, доля ОАО «РЖД» в загрязнении окружающей среды России составляет менее 1%. При этом данный вид транспорта загрязняет воздушную и водную среду, а также почву в процессе строительства и эксплуатации железных дорог. Источники загрязнения железнодорожного транспорта делятся на подвижные и стационарные. Доля негативного воздействия стационарных источников железнодорожного транспорта в России составляет 0,72% от суммарного загрязнения. На железнодорожном транспорте действуют 35 970 стационарных источников выбросов в атмосферный воздух. Общий годовой объем поступления загрязняющих веществ составляет 197 тыс. т, в том числе 53 тыс. т твердых веществ, 144 тыс. т — газообразных. Более 90% выбросов

приходится на котлоагрегаты (котельные, кузнечные производства) [7].

Новокузнецк является крупным железнодорожным узлом Кузбасского отделения Западно-Сибирской железной дороги.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха г. Новокузнецка выбросами стационарных источников филиала ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке.

## 1. Характеристика объектов исследования

Новокузнецк является крупнейшим промышленным центром Западной Сибири с развитой тяжелой и цветной металлургией, угольной, горнорудной отраслями промышленности, теплоэнергетикой, а также развитой сетью транспортного сообщения. Население города составляет около 550 тыс. человек. Административно г. Новокузнецк разделен на шесть районов: Центральный, Заводской, Кузнецкий, Куйбышевский, Новоильинский, Орджоникидзевский. На здоровье населения каждого района оказывают влияние выбросы промышленных предприятий, которые расположены в данном районе или в непосредственной близости. План застройки городской территории предусматривает близкое расположение промышленных и селитебных зон, что определяет высокую вероятность контакта жителей с вредными атмосферными выбросами.

Новокузнецк характеризуется континентальным климатом со значительными годовыми и суточными колебаниями температур. Город находится в Кемеровской области в юго-восточной части Западной Сибири на стыке Кузнецкой котловины и горных массивов Кузнецкого Алатау, Горной Шории и Салаирского кряжа. Высота расположения городской территории над уровнем моря составляет от 196 до 249 м. Существенное влияние на климат Новокузнецка также оказывает пространственная ориентировка основных геоморфологических элементов, в первую очередь речных долин и водоразделов. Минимальная температура наблюдалась в январе (–47,7 °С), максимальная — в июле (+36 °С). Среднегодовая температура воздуха составляет 2,1 °С. Преобладающие направления ветров — южное и юго-западное. Среднегодовая скорость ветров — 2,3 м/с, повторяемость штилевой погоды составляет 25%.

В Новокузнецке функционируют 7 структурных подразделений ОАО «РЖД»: вагонное ремонтное депо, Кемеровская механизированная дистанция погрузочно-разгрузочных работ, Новокузнецкая дистанция сигнализации, Новокузнецкая дистанция электроснабжения, Новокузнецкая дистанция пути, Полосухинская дистанция пути, эксплуатационное вагонное депо. На данных подразделениях действуют 49 стационарных источников выбросов: сварочные аппараты, кузнечные горны, токарные, заточные и металлообрабатывающие станки, установки для наплавки, камеры покраски, печи нагрева. В работе проведен анализ тома ПДВ подразделений, который содержит все характеристики выбросов: наименование и количество источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, высоту и диаметр этих источников, скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника, температуру газовойоздушной смеси, а также количество выбросов каждого из токсичных веществ, выраженное как в тоннах в год (т/год), так и в граммах в секунду (г/с).

Стационарные источники структурных подразделений ОАО «РЖД» в Новокузнецке характеризуются следующими параметрами: высота составляет от 1 до 42 м, диаметр — от 0,1 до 7,5 м, скорость выхода газовойоздушной смеси — от 0,02 до 20,68 м/с, температура отходящей газовойоздушной смеси — от 24 до 130 °С.

Для оценки неканцерогенного риска были отобраны следующие вещества: углерод оксид, сера диоксид, сажа, азота диоксид, дижелезо триоксид, взвешенные вещества, азот оксид, фтористые газобразные соединения. Суммарное количество выбросов неканцерогенных веществ составляет 31,15 т/год (3,65 г/с). Наибольший выброс наблюдался у углерод оксида — 22,07 т/год (2,55 г/с), наименьший — у фтористых газобразных соединений (0,02 т/год, или 0,002 г/с). Оценка канцерогенного риска проводилась от воздействия сажи, суммарный выброс которой составил 2,44 т/год (0,21 г/с).

*Дижелезо триоксид (III)* — амфотерный оксид с большим преобладанием основных свойств. Красно-коричневого цвета. Термически устойчив до высоких температур. Образуется при окислении железа на воздухе. Не реагирует с водой. Медленно реагирует с кислотами и щелочами. Оказывает негативное влияние на органы дыхания человека. При длительном воздействии откладывается в легких и вызывает

сидероз, а его соединения действуют прижигающе на пищеварительный канал и вызывают рвоту.

*Азота диоксид* характеризуется высокой токсичностью. Находясь даже в относительно небольших концентрациях в воздухе, он способен приводить к существенным изменениям в организме человека. Является острым раздражителем, а также характеризуется общетоксическим действием. Воздействует в основном на органы дыхательной системы. В зависимости от концентраций наблюдаются различные последствия — от слабого раздражения слизистых оболочек глаз и носа до отека легких. Также может приводить к изменениям состава крови, в частности, способствует уменьшению содержания гемоглобина. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и взрослые, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

*Углерод оксид (CO)* — бесцветный газ без запаха, обладает выраженным отравляющим действием, которое обусловлено его способностью вступать в реакцию с гемоглобином крови, приводя к образованию карбоксигемоглобина, который не связывает кислород. Вследствие этого изменяется газообмен в организме, возникает кислородное голодание и нарушается функционирование всех систем организма. Характер отравления зависит от его концентрации в воздухе, длительности воздействия и индивидуальной восприимчивости человека. Легкая степень отравления вызывает пульсацию в голове, потемнение в глазах, головокружение, головную боль и усталость, повышенное сердцебиение. При тяжелом отравлении сознание затуманивается, возрастает сонливость. При очень больших дозах угарного газа (свыше 1%) наступают потеря сознания и смерть.

*Сера диоксид* поступает в атмосферу при сгорании топлива, содержащего серу. Главным источником являются электростанции, котельные и предприятия металлургии. Воздействие вещества в концентрациях выше предельно допустимых может приводить к существенному увеличению различных болезней дыхательных путей, воздействовать на слизистые оболочки, вызывать воспаление носоглотки, бронхиты, кашель, хрипоту и боль в горле.

*Фтористые газобразные соединения* — попадание на кожу как безводного, так и водного HF вызывает пузырьковые дерматиты. Пары HF сильно раздражают верхние дыхательные пути. Хронические отравления вызываются токсичностью иона фтора

(протоплазменный яд, действующий на ферменты). При высоких концентрациях HF происходит раздражение слизистых носа, полости рта, гортани и бронхов, развиваются сердечно-сосудистые заболевания, заболевания печени, нефропатии.

*Взвешенные вещества* включают пыль, золу, сажу, дым, сульфаты, нитраты. В зависимости от состава они могут быть как высокотоксичными, так и почти безвредными. Взвешенные вещества образуются в результате сгорания всех видов топлива: при работе двигателей автомобилей и при производственных процессах. При проникновении взвешенных частиц в органы дыхания происходит нарушение системы дыхания и кровообращения. Вдыхаемые частицы влияют как непосредственно на респираторный тракт, так и на другие органы за счет токсического воздействия входящих в состав частиц компонентов. Опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и сера диоксида. Люди с хроническими нарушениями в легких, с болезнями сердечно-сосудистой системы, с астмой, частыми простудными заболеваниями, пожилые и дети особенно чувствительны к влиянию мелких взвешенных частиц.

*Сажа* обладает канцерогенным потенциалом, который обусловлен содержанием в ней углерода.

Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например серы диоксида. Средний размер сажевых частиц составляет 100—3500 мк. Сажевые частицы не взаимодействуют с кислородом воздуха и поэтому удаляются только в результате коагуляции и осаждения, которые происходят очень медленно. Сажевые частицы поступают в организм в виде твердой части аэрозолей, оказывая вредное воздействие на органы дыхания человека. От воздействия сажи происходит обострение респираторных заболеваний, истончение слизистой верхних дыхательных путей, накопление сажи в тканях организма.

## 2. Оценка уровней рисков для здоровья населения от воздействия стационарных источников филиала ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке

На основании карты города были определены 14 точек воздействия концентраций (ТВК) токсичных веществ — контрольных точек, связанных с микрорайонами жилой застройки. Данные ТВК использовались для расчета рисков для здоровья, связанных с выбросами в воздушный бассейн от источников (табл. 1).

Таблица 1. Районы точек воздействия концентраций и их координаты

Table 1. Areas of the points of exposure to concentrations and their coordinates

№ ТВК	Широта (градус и секунды)	Долгота (градус и секунды)	Район города	Приближенный микрорайон города
1	53° 83' с.ш.	87° 16' в.д.	Заводской	Бассейн «Записбовец»
2	53° 84' с.ш.	87° 18' в.д.	Заводской	ГКБ № 29
3	53° 84' с.ш.	87° 20' в.д.	Заводской	Кузбасская ярмарка
4	53° 83' с.ш.	87° 19' в.д.	Заводской	ДК «Комсомолец»
5	53° 89' с.ш.	87° 11' в.д.	Ильинский	ТРЦ «Парус»
6	53° 89' с.ш.	87° 11' в.д.	Ильинский	Бассейн ЗСМК
7	53° 72' с.ш.	87° 20' в.д.	Кузнецкий	ДК «Алюминщик»
8	53° 78' с.ш.	87° 21' в.д.	Кузнецкий	ГКБ № 22
9	53° 78' с.ш.	87° 28' в.д.	Орджоникидзевский	ТРЦ «Полет»
10	53° 76' с.ш.	87° 37' в.д.	Орджоникидзевский	Атамановский рынок
11	53° 74' с.ш.	87° 11' в.д.	Куйбышевский	Вокзал
12	53° 75' с.ш.	87° 15' в.д.	Центральный	Цирк
13	53° 75' с.ш.	87° 12' в.д.	Центральный	Драмтеатр
14	53° 74' с.ш.	87° 06' в.д.	Куйбышевский	ДК Дзержинского

Далее в работе были рассчитаны максимальные и среднегодовые концентрации токсичных веществ от каждого источника по выбранным точкам воздействия с учетом климато-географических условий города и характеристик выбросов согласно «Методам расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» [8]. Расчеты производились с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «ЭКОцентр-Стандарт».

Риск для здоровья рассматривался как вероятность развития угрозы здоровью или жизни человека, обусловленная воздействием факторов среды обитания, выражался в долях от единицы. Риски рассчитывались в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04 [9] и сравнивались с приемлемыми значениями. Приемлемый риск — уровень риска, для которого не требуется применения каких-либо мер для его снижения; он незначителен по сравнению с рисками, существующими в повседневной деятельности или жизни людей, и составляет:

– 0,02 — для неканцерогенного риска;

– 0,0001 — для канцерогенного риска.

Оценка риска немедленного действия проведена на основе Руководства Р 2.1.10.1920-04 и методики А. П. Щербо «Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска» [10].

Максимальные концентрации неканцерогенных веществ варьируют от 0,00001 до 0,684 мг/м<sup>3</sup>. Наименьшие концентрации неканцерогенных веществ наблюдаются у взвешенных веществ (0,00001 мг/м<sup>3</sup>), гидрофторида (0,00003 мг/м<sup>3</sup>), сажи (0,0001 мг/м<sup>3</sup>) и азот оксида (0,0001 мг/м<sup>3</sup>). Наибольшие значения максимальных концентраций выявлены у углерод оксида (0,684 мг/м<sup>3</sup>), диЖелезо триоксида (0,1062 мг/м<sup>3</sup>), азота диоксида (0,104 мг/м<sup>3</sup>), сажи (0,005 мг/м<sup>3</sup>) — наблюдаются в ТВК № 11 (район вокзала). Максимальные концентрации канцерогенных веществ (сажи) варьируют от 0,0001 до 0,005 мг/м<sup>3</sup> по различным точкам воздействия. Наибольшее значение наблюдается в ТВК № 11 (район вокзала).

В табл. 2 приведены среднегодовые концентрации токсичных веществ соответственно по точкам воздействия.

Среднегодовые концентрации неканцерогенных веществ варьируют от 0,00001 мг/м<sup>3</sup> (гидрофторид

Таблица 2. Среднегодовые концентрации токсичных веществ (мг/м<sup>3</sup>)

Table 2. Average annual concentrations of toxic substances (mg/m<sup>3</sup>)

№ ТВК	диЖелезо триоксид	Азота диоксид	Углерод оксид	Гидрофторид	Взвешенные вещества	Сажа	Сера диоксид	Азот оксид
1	0,0002	0,002	0,002	$1 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-5}$	0,0003	$7 \times 10^{-5}$
2	0,0002	0,002	0,002	$1 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-5}$	0,0003	$6 \times 10^{-5}$
3	0,0002	0,001	0,001	$1 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	0,0003	$6 \times 10^{-5}$
4	0,0002	0,001	0,002	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-5}$	0,0003	$6 \times 10^{-5}$
5	0,0001	0,001	0,001	$6 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-5}$	0,0002	$4 \times 10^{-5}$
6	0,0001	0,001	0,001	$5 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	0,0002	$4 \times 10^{-5}$
7	0,0005	0,004	0,003	$2 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$	0,0002	0,0008	0,0002
8	0,0003	0,003	0,002	$2 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$	0,0001	0,0005	0,0001
9	0,0002	0,002	0,001	$8 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-5}$	0,0003	$9 \times 10^{-5}$
10	0,0001	0,001	0,001	$4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-5}$	0,0002	$5 \times 10^{-5}$
11	0,0069	0,024	0,084	0,0004	0,0001	0,002	0,0088	0,0006
12	0,0013	0,012	0,008	$5 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	0,0004	0,0022	0,0006
13	0,0040	0,014	0,043	0,0002	$8 \times 10^{-5}$	0,0005	0,0045	0,0003
14	0,0147	0,032	0,211	0,0036	0,0017	0,0002	0,0328	0,0001

и азот оксид) до 0,082 мг/м<sup>3</sup> (углерод оксид). Среднегодовые концентрации канцерогенного вещества (сажи) варьируют от 0,003 до 0,021 мг/м<sup>3</sup> по различным точкам воздействия. Наибольшие значения среднегодовых концентраций углерод оксида, сажи и сера диоксида наблюдаются в ТВК № 11 (район вокзала).

Хронический неканцерогенный риск (риск хронической интоксикации) определяется как вероятность развития хронического заболевания или вероятность смерти в результате хронического воздействия токсичного вещества и рассчитывался на определенный период воздействия (70 лет). В табл. 3 приведены значения популяционного риска хронической интоксикации.

Выявлено, что уровни риска хронической интоксикации от воздействия диЖелезо триоксида находятся в пределах от 0 (ТВК № 1—10) до 0,014 (ТВК № 14); от воздействия азота диоксида — от 0,001 (ТВК № 1—6, 9, 10) до 0,023 (ТВК № 14); углерод оксида — от 0 (ТВК № 1—10, 12) до 0,004 (ТВК № 14); гидрофторида — от 0 (ТВК № 1—10, 12) до 0,021 (ТВК № 14). Уровни риска от влияния сажи во всех

ТВК равны нулю, кроме ТВК № 11 (0,001), от сера диоксида равны нулю в ТВК № 1—6, 8—10, в остальных точках находятся в пределах от 0,001 (ТВК № 7) до 0,025 (ТВК № 14). Взвешенные вещества и азот оксид характеризуются отсутствием рисков хронической интоксикации по всем точкам воздействия.

Наибольший суммарный уровень риска хронической интоксикации наблюдается в ТВК № 14 (Куйбышевский район), что обусловлено близким расположением источников загрязнения.

При анализе уровней риска по всем структурным подразделениям ОАО «РЖД» выявлено, что наибольший вклад в суммарный уровень рисков хронической интоксикации вносят источники вагонного ремонтного депо.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводилась на основе расчета коэффициента опасности. Коэффициент опасности — это отношение воздействующей дозы (или концентрации) химического вещества к его безопасному уровню воздействия. Если коэффициент опасности не превышает единицу, то при таком воздействии вероятность развития

Таблица 3. Риск хронической интоксикации по точкам воздействия

Table 3. Risk of chronic intoxication by points of exposure

№ ТВК	диЖелезо триоксид	Азота диоксид	Углерод оксид	Гидрофторид	Взвешенные вещества	Сажа	Сера диоксид	Азот оксид	Суммарно
1	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,002
2	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,002
3	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001
4	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,002
5	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001
6	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001
7	0	0,003	0	0	0	0	0,001	0	0,004
8	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0,003
9	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,002
10	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001
11	0,007	0,018	0,002	0,002	0	0,001	0,007	0	0,036
12	0,001	0,008	0	0	0	0	0,002	0	0,013
13	0,004	0,010	0,001	0,001	0	0	0,003	0	0,020
14	0,014	0,023	0,004	0,021	0	0	0,025	0	0,084

у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни несущественна и такое воздействие является допустимым. Но если коэффициент опасности превышает единицу, то вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает прямо пропорционально увеличению коэффициента опасности, но точно указать величину этой вероятности невозможно.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном или комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности. Индекс опасности — сумма коэффициентов опасности для веществ с однородным механизмом действия или сумма коэффициентов опасности для разных путей поступления химического вещества (например, ингаляционном или пероральном). В табл. 4 представлены рассчитанные коэффициенты и индексы опасности.

Наибольшие индексы опасности наблюдаются в ТВК № 11 и ТВК № 14. Коэффициенты опасности по всем веществам не превышают единицу, следовательно, при таком воздействии вероятность разви-

тия у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни несущественна и такое воздействие является допустимым.

Канцерогенный риск рассматривался как вероятность формирования онкологического заболевания от вдыхания вещества, идентифицированного как ингаляционный канцероген. Поскольку индивидуальный канцерогенный риск рассчитывается в точке, то делается предположение, что в течение всего периода воздействия человек будет находиться в данной точке. Для канцерогенных эффектов обычно вычисляется пожизненный риск, при этом предполагается, что существующие уровни воздействующих доз сохранятся и в будущем. Канцерогенный риск характеризует верхнюю границу возможного риска на протяжении периода, который соответствует средней продолжительности жизни человека (70 лет). Канцерогенный риск проявляется в вероятности поражения центральной и периферической нервной системы, системы кроветворения, пищеварительного тракта, нарушения азотисто-белкового, холестеринового и липидного обмена, у женщин — в нарушении репродуктивной

Таблица 4. Коэффициенты и индексы опасности концентраций

Table 4. Hazard concentrations and hazard indexes

№ ТВК	диЖелезо триоксид	Азота диоксид	Углерод оксид	Гидрофторид	Взвешенные вещества	Сажа	Сера диоксид	Азот оксид	Суммарно
1	0,01	0,04	0,08	0	0	0	0,01	0	0,14
2	0,01	0,04	0,08	0	0	0	0,01	0	0,13
3	0	0,03	0,08	0	0	0	0,01	0	0,13
4	0	0,04	0,08	0	0	0	0,01	0	0,13
5	0	0,02	0,08	0	0	0	0	0	0,11
6	0	0,02	0,08	0	0	0	0	0	0,11
7	0,01	0,10	0,08	0	0	0	0,02	0	0,22
8	0,01	0,07	0,08	0	0	0	0,01	0	0,17
9	0,01	0,05	0,08	0	0	0	0,01	0	0,14
10	0	0,03	0,08	0	0	0	0	0	0,11
11	0,17	0,61	0,10	0,03	0	0,03	0,18	0,01	1,13
12	0,03	0,29	0,07	0	0	0,01	0,04	0,01	0,47
13	0,10	0,35	0,08	0,02	0	0,01	0,09	0,01	0,66
14	0,37	0,79	0,07	0,28	0,02	0,00	0,66	0	2,18



Таблица 5. Канцерогенный риск по точкам воздействия

Table 5. Carcinogenic risk by points of exposure

№ ТВК	Сажа
1	$2,3 \times 10^{-5}$
2	$2,1 \times 10^{-5}$
3	$2,1 \times 10^{-5}$
4	$2,2 \times 10^{-5}$
5	$1,6 \times 10^{-5}$
6	$1,5 \times 10^{-5}$
7	$4,0 \times 10^{-5}$
8	$3,2 \times 10^{-5}$
9	$2,3 \times 10^{-5}$
10	$1,7 \times 10^{-5}$
11	$9,3 \times 10^{-5}$
12	$7,0 \times 10^{-5}$
13	$6,1 \times 10^{-5}$
14	$3,8 \times 10^{-5}$

функции. В табл. 5 представлены значения канцерогенного риска по точкам воздействия.

Согласно полученным данным, сажа как канцерогенное вещество не представляет опасности для здоровья населения.

Риск немедленного действия — это риск для здоровья, который проявляется непосредственно в момент воздействия в виде раздражающих эффектов, различных физиологических реакций, обострения хронических заболеваний, при значительных концентрациях могут развиваться острые отравления. Азота диоксид, азот оксид, углерод оксид, гидрофторид, взвешенные вещества, сера диоксид и сажа не представляют опасности в отношении развития риска немедленного действия.

В табл. 6 представлены суммарные значения риска по точкам воздействия, выраженные в кратностях превышения приемлемого риска.

Таким образом, суммарные значения рисков немедленного действия не превышают приемлемый уровень. Суммарные значения рисков хронической интоксикации превышают приемлемые уровни в ТВК № 11 и 14. Канцерогенный риск находится в пределах нормы.

Таблица 6. Кратности превышения приемлемого уровня риска

Table 6. Multiplicity exceeding the acceptable level of risk

№ ТВК	Тип риска		
	Немедленного действия	Хронической интоксикации	Канцерогенный
1	0	0,09	0,23
2	0	0,09	0,21
3	0	0,07	0,21
4	0	0,08	0,22
5	0	0,05	0,16
6	0	0,05	0,15
7	0	0,22	0,40
8	0	0,15	0,32
9	0	0,10	0,23
10	0	0,06	0,17
11	0	1,80	0,93
12	0	0,63	0,70
13	0	1,01	0,61
14	0	4,22	0,38

### 3. Оценка риска для здоровья с учетом фоновых концентраций загрязняющих веществ

Фоновая концентрация вредного вещества (фон) — характеристика загрязнения атмосферы, которая создается всеми источниками выбросов на территории, исключая источник, для которого рассчитан фон. За фоновую концентрацию принимается статистически достоверная максимальная разовая концентрация примесей, значение которой превышает в 5% случаев. Фон — это расчетная концентрация, которая может быть достигнута при самых неблагоприятных метеорологических условиях.

Основными источниками загрязнения атмосферы Новокузнецка являются предприятия металлургической и угольной промышленности, теплоэнергетики и машиностроения. По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области основной вклад в загрязнение атмосферы от стационарных источников вносят:

- 1) обрабатывающие производства — 91%;

2) предприятия по добыче полезных ископаемых — 2%;

3) предприятия по производству, передаче и распределению электроэнергии, газа, пара и горячей воды — 6%;

4) предприятия прочих видов экономической деятельности — 1%.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха города проводятся на восьми стационарных постах Новокузнецкой гидрометеорологической обсерваторией по основным загрязняющим веществам: азота диоксиду, азот оксиду, сера диоксиду, углерод оксиду, взвешенным веществам, бенз(а)пирену, саже, а также специфическим примесям: фтористому водороду, аммиаку, формальдегиду, фенолу, сероводороду, цианистому водороду, металлам. По данным наблюдений за период 2013—2017 гг., в атмосфере Новокузнецка было превышение содержания серы диоксида, фенола, сажи, фтористого водорода.

Проведенные расчеты показали, что максимальные разовые фоновые концентрации не превышают ПДК ни в одной из расчетных точек. Наибольшие значения наблюдаются у углерод оксида в ТВК № 11. Среднегодовые фоновые концентрации превышают ПДК по взвешенным веществам в ТВК № 7, 8, 11.

Определение уровней рисков немедленного действия и хронической интоксикации с учетом фона показало, что наибольший риск немедленного действия во всех расчетных точках наблюдается от воздействия углерод оксида. Гидрофторид, сера диоксид и азот оксид характеризуются нулевыми значениями рисков и, следовательно, не оказывают вредного воздействия на состояние здоровья жителей города. Наибольший уровень риска немедленного действия наблюдается в ТВК № 11 (район вокзала). Наибольший суммарный уровень рисков немедленного действия характерен для Кузнецкого района, где наблюдается максимальный уровень от воздействия углерод оксида. Минимальный уровень риска отмечен в Новоильинском, Заводском и Орджоникидзевском районах. Рассчитанные уровни рисков хронической интоксикации превышают приемлемые значения во всех выбранных точках. По расчетным точкам наибольшее значение наблюдается в ТВК № 14 (Куйбышевский район) и в ТВК № 11 (район вокзала). Наибольший вклад в суммарный риск вносят диЖелезо триоксид, азота диоксид, углерод оксид, гидрофторид, взвешенные вещества, сажа и сера диоксид.

## Заключение

Сосредоточение большого количества промышленных предприятий и развитая сеть транспортных магистралей в сочетании с особенностями рельефа местности и климатическими условиями определяют высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха Новокузнецка.

В работе определены и проанализированы уровни рисков для здоровья населения, создаваемых выбросами токсичных веществ структурными подразделениями филиала ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке. Приоритетными загрязняющими веществами, определяющими формирование риска хронической интоксикации, являются диЖелезо триоксид, азота диоксид, углерод оксид, гидрофторид, сера диоксид. Взвешенные вещества и азот оксид характеризуются отсутствием рисков хронической интоксикации по всем точкам воздействия. Наибольший суммарный уровень рисков хронической интоксикации наблюдается в ТВК № 14 (Куйбышевский район), что обусловлено близким расположением источников загрязнения.

Показано, что наибольший вклад в суммарный уровень риска хронической интоксикации вносят источники вагонного ремонтного депо. Полосухинская дистанция пути и эксплуатационное вагонное депо характеризуются нулевыми значениями рисков; Новокузнецкая дистанция пути, Новокузнецкая дистанция сигнализации, Новокузнецкая дистанция электроснабжения характеризуются минимальными уровнями рисков. Определены коэффициенты и индексы опасности по точкам воздействия.

Определены уровни канцерогенного риска, вызываемого воздействием сажи. Согласно полученным данным, сажа как канцерогенное вещество не представляет опасности для состояния здоровья городских жителей.

Суммарные значения рисков немедленного действия не превышают приемлемый уровень. Суммарные значения рисков хронической интоксикации превышают приемлемые уровни в ТВК № 11, 13 и 14.

Также в работе определены уровни рисков немедленного действия и хронической интоксикации с учетом фоновых концентраций токсичных веществ. Выявлено, что наибольшие уровни рисков немедленного действия во всех расчетных точках наблюдаются от влияния углерод оксида.

Наибольший уровень риска немедленного действия наблюдается в ТВК № 11 (район вокзала). Максимальный суммарный риск хронической интоксикации наблюдается в ТВК № 11 (район вокзала). Наибольший вклад в формирование суммарного риска вносят азота диоксид, углерод оксид, взвешенные вещества, сажа, гидрофторид.

Для снижения риска для здоровья от выбросов стационарных источников РЖД предлагаются следующие мероприятия:

- внедрение инновационных технологий, обеспечивающих охрану атмосферного воздуха;
- перевод котельных на более экологически чистые виды топлива;
- внедрение пыле- и газоулавливающего оборудования;
- внедрение новых систем отопления помещений;
- обеспечение экомониторинга за воздействием на окружающую среду.

Таким образом, стационарные источники структурных подразделений ОАО «РЖД» в г. Новокузнецке вносят определенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха города, не оказывая при этом значительного воздействия на состояние здоровья населения. Использование методологии оценки риска позволяет дать количественную оценку факторов риска, выделить приоритетные токсичные вещества, провести ранжирование районов города по уровням риска для здоровья жителей, обосновать профилактические мероприятия, направленные на снижение риска.

## Литература [References]

1. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20—31. [Golikov R. A., Surzhikov D. V., Kislitsyna V. V., Shtaiger V. A. Influence of environmental pollution to the health of the population (review of literature) // Nauchnoye obozreniye. Meditsinskiye nauki. 2017. № 5. P. 20—31. (Russia)]
2. Климов П.В., Суржиков Д.В., Большаков В.В., Суржиков В.Д. Загрязнение окружающей среды индустриального центра как фактор риска для здоровья населения // Проблемы анализа риска. Т. 8. 2011. № 4. С. 70—81. [Klimov P. V., Surzhikov D. V., Bolshakov V. V., Surzhikov D. V. Environmental pollution in an industrial centre as a health risk for population // Issues of Risk Analysis. Vol. 8. 2011. № 4. P. 70—81. (Russia)]
3. Савилов Е.Д., Анганова Е.В., Ильина С.В., Степаненко Л.А. Техногенное загрязнение окружающей среды и здоровье населения: анализ ситуации и прогноз // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 6. С. 507—512. [Savilov E. D., Anganova E. V., Ilyina S. V., Stepanenko L. A. Technogenic environmental pollution and the public health: analysis and prognosis // Hygiene and sanitation. 2016. Vol. 95. № 6. P. 507—512. (Russia)] <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-6-507-512>
4. Фридман К.Б., Крюкова Т.В. Урбанизация — фактор повышенного риска здоровью // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 1. С. 8—11. [Fridman K. B., Kryukova T. V. Urbanization — a factor that increases the risk for health // Hygiene and sanitation. 2015. Vol. 94. № 1. P. 8—11. (Russia)]
5. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Малых О.Л., Ярушин С.В. Методология оценки и управления риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 1. С. 4—8. [Kuz'min S. V., Gurvitch V. B., Dikonskaya O. V., Malykh O. L., Yarushin S. V. Methodology of assessing and evaluating public health risk in legal regulation of sanitary epidemiologic well-being of population Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2016. № 1. P. 4—8. (Russia)]
6. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. № 2. С. 4—11. [Rakhmanin Y. A., Novikov S. M., Avaliani S. L., Sinit-syna O. O., Shashina T. A. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it // Health Risk Analysis. 2015. № 2. P. 4—11. (Russia)]
7. Гапанович В.А., Шубинский И.Б., Проневич О.Б., Швед В.Э. Система управления рисками крупных компаний. Практика оценки рисков в ОАО «РЖД» и направления развития // Проблемы анализа риска. Т. 15. 2018. № 2. С. 6—21. [Gapanovich V. A., Shubinskiy I. B., Pronevich O. B., Shved V. E. How large companies manage

- risk. The practice of risk assessment in public corporation «russian railways» and the direction of development // Issues of Risk Analysis. Vol. 15. 2018. №2. P. 6—21. (Russia)] <https://doi.org/https://doi.org/10.32686/1812-5220-2018-15-2-6-21>
8. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: Введены с 06.06.17. М.: 2017. 110 с. [Methods for calculating the dispersion of emissions of harmful (polluting) substances into the atmospheric air: Introduced from 06.06.17. Moscow: 2017. 110 p. (Russia)]
  9. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ. 2004. 143 с. [Guidelines for the assessment of the public health risk when exposed to chemicals polluting the environment: "G 2.1.10.1920-04". Moscow: Federal Center for Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health. 2004. 143 p. (Russia)]
  10. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска / Под ред. А.П. Щербо. СПб.: СПбМАПО. 2002. 376 с. [Environment and health: approaches to risk assessment / by ed. A.P. Shcherbo. St. Petersburg: SPbMAPO. 2002. 376 p. (Russia)]

## Сведения об авторах

**Кислицына Вера Викторовна:** кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППГЗ)

Количество публикаций: 183

Область научных интересов: анализ загрязнения окружающей среды, оценка профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий, оценка риска для здоровья населения от влияния токсичных веществ, управление рисками

*Контактная информация:*

Адрес: 654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 23

Тел.: +7 (3843) 79-65-49

E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Ликонцева Юлия Сергеевна:** научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППГЗ)

Количество публикаций: 1

Область научных интересов: оценка риска для здоровья от воздействия атмосферных загрязнителей

*Контактная информация:*

Адрес: 654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 23

Тел.: +7 (3843) 79-65-49

E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Суржиков Дмитрий Вячеславович:** доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППГЗ)

Количество публикаций: 336

Область научных интересов: оценка профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий, оценка экологического риска, математическое моделирование, системный анализ, управление рисками, атмосфероохранные мероприятия

*Контактная информация:*

Адрес: 654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 23

Тел.: +7 (3843) 79-65-49

E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Голиков Роман Анатольевич:** кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППГЗ)

Количество публикаций: 55

Область научных интересов: анализ загрязнения окружающей среды, оценка риска для здоровья, управление риском

*Контактная информация:*

Адрес: 654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 23

Тел.: +7 (3843) 79-65-49

E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 22.03.2019

Дата принятия к публикации: 03.04.2019

Дата публикации: 31.10.2019

*The authors declare no conflict of interests.*

*Came to edition: 22.03.2019*

*Date of acceptance to the publication: 03.04.2019*

*Date of publication: 31.10.2019*