

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 656.2 : 504.75 + 06

DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6

*А.В. Борисова, Н.М. Яицкова***ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Аннотация. В работе приводится анализ источников профессиональных рисков, связанных с профзаболеваниями работников железнодорожного транспорта. На примере некоторых профессий железнодорожного транспорта, работники которых подвержены воздействию химического фактора, выполнен обзор химических веществ, с учетом их токсикологических характеристик и показателей вредности. Приведены рекомендации учета показателей токсичности вредных веществ в оценке профессиональных рисков на рабочем месте.

Ключевые слова: профессиональный риск, профессиональное заболевание, рабочее место, вредное вещество, химический фактор, показатели токсичности, условия труда.

Для цитирования: Борисова, А. В. Токсикологические аспекты профессионального риска работников железнодорожного транспорта / А. В. Борисова, Н. М. Яицкова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1. – С. 6–11. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6.

Безопасность труда, сохранение здоровья работников и улучшение качества производственной среды являются приоритетными направлениями национальной государственной политики современной России. Человеческий капитал в лице трудоспособного населения, стремящегося повышать свой уровень знаний, рассматривается как наиглавнейший ресурс в развитии инновационной экономики [1]. Однако, несмотря на стремительное развитие техники и технологий, позволяющих выделить работника из опасной среды, доля рабочих мест с вредными условиями труда, обусловленными воздействием химического фактора, в производственном секторе экономики остается достаточно высокой.

Железнодорожная отрасль является одним из ключевых сегментов экономики государства. Обширная инфраструктура российских железных дорог позволяет обеспечивать не только непрерывность и безопасность пассажирских и грузовых перевозок, но и реализовывать сложные инженерные решения, связанные с машиностроением и ремонтом. По данным, представленным в работах [1-3] для некоторых профессий железнодорожного транспорта характерно присутствие неблагоприятных для здоровья физических факторов, а также вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны. Мониторинг и оценка качества производственной среды производится путем проведения процедур производственного контроля за выполнением санитарно-противоэпидемических мероприятий и специальной оценки условий труда (СОУТ). Полученные при этом результаты, в том числе подтверждающие наличие вредности, являются базой для дальнейшей работы с источниками и причинами неблагоприятных условий производственной среды с использованием методов оценки профессиональных рисков [4].

В соответствии со статьей 218 ТК РФ профессиональные риски в зависимости от источника их возникновения подразделяются на риски травмирования работника и риски

получения им профессионального заболевания. Так, воздействие химического фактора, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) напрямую связано с вероятностью острого или хронического отравления, потенциально высоким риском возникновения профессионального заболевания химической и пылевой этиологий. Международная организация труда (МОТ) трактует профессиональное заболевание как заболевание, возникшее в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью. Профессиональный риск по определению всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) есть математическая концепция, отражающая ожидаемую частоту и (или) тяжесть неблагоприятных реакций на данную экспозицию [5].

Методология оценки профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта включает использование комплексного подхода к идентификации, анализу и оцениванию опасных событий, связанных с вероятностью травмирования или развития профессионального заболевания [6,7]. Однако оценка риска, связанного с развитием профзаболевания в результате воздействия химического фактора или АПФД базируется главным образом только на результатах гигиенической оценки условий труда в рамках выполненной СОУТ, в рамках которой производится сравнение фактической концентрации вредного вещества с его предельно допустимой концентрацией, установленной для воздуха рабочей зоны (ПДК_{рз}). На основании такой оценки определяются классы вредности условий труда 3.1, 3.2, 3.4, 4. В этих оценочных процедурах остаются неучтенными токсикологические аспекты влияния вредных веществ на здоровье работников.

В оценке профессиональных рисков, связанных с возникновением профессионального заболевания (отравления) токсикологические аспекты необходимо учитывать на этапе анализа исходных данных: результатов оценки химического фактора, полученных в рамках производственного контроля и СОУТ.

В таблице приведены примеры профессий железнодорожной отрасли, работники которых подвержены воздействию вредных веществ и в оценке условий труда которых, химический фактор является преобладающим.

Таблица

Перечень профессий железнодорожной отрасли, работники которых подвержены воздействию вредных веществ

Наименование профессии	Производственные процессы	Наименование вредного вещества
Аппаратчик химводоочистки	Работа с аммиачной смесью	Аммиак
Кузнец на молотах и прессах	Ковка заготовок, работа у горна	Углеродные пыли с содержанием SiO ₂ до 5%, дижелезо триоксид, углерода оксид, азота оксид
Газорезчик	Газовая резка или сварка металла с применением пропана	Дижелезо триоксид, марганец в сварочных аэрозолях, углерод оксид, азота оксиды
Электрогазосварщик	Сварка металла электродами	Дижелезо триоксид, марганец в сварочных аэрозолях, углерод оксид, азота оксиды
Маляр	Окраска поверхностей	Ацетон, этилацетат, бутанол, бензол, бутилацетат, толуол, ксилол

Для определения риска, связанного с возникновением профессионального заболевания химической или пылевой этиологии. Рассмотрим токсикологические характеристики веществ, представленных в таблице 1.

Аммиак (NH_3) на предприятиях железнодорожного транспорта используется в системах химводоочистки в качестве реагента. Фактическая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны составляет не более 18 мг/м^3 , находится в пределах $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 20 \text{ мг/м}^3$. Аммиак обладает как местным, так и резорбтивным действием на организм. Наиболее подвержены воздействию слизистые оболочки глаз, носа и гортани. Однако, регулярно поступая в организм человека, малые концентрации вещества способны вступать в химическую реакцию с солями фосфора и магния, образуя при этом канцерогенные соединения.

Углеродные пыли с содержанием диоксида кремния (SiO_2) до 5% поступают в воздух рабочей зоны кузнеца на молотах и прессах при дроблении и загрузке угля в кузнечный горн. Относительно низкое содержание SiO_2 в пыли снижает риск возникновения силикоза, тем не менее угольная пыль представляет опасность для здоровья работника в связи с возможными изменениями в лёгких, характерными для пневмокониоза. Угольная пыль с содержанием диоксида кремния (SiO_2) до 5% обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз, вызывая конъюнктивиты. Допустимая концентрация угольной пыли зависит от природы исходного материала, для антрацита составляет 6 мг/м^3 , для других видов угля – 10 мг/м^3 .

Дижелезо триоксид (Fe_2O_3) поступает в воздух рабочей зоны при механической обработке металлических заготовок, в процессах газовой резки и сварки металла. ПДК дижелезо триоксида в воздухе рабочей зоны составляет 6 мг/м^3 . Данное соединение является малотоксичным, фактическая концентрация на рабочем месте не превышает $5,4 \text{ мг/м}^3$. Однако Fe_2O_3 в составе аэрозоля при длительном воздействии на работника представляет для его здоровья потенциальную опасность. Поступая в организм ингаляционным путем, Fe_2O_3 вызывает раздражение дыхательных путей, кашель. Дижелезо триоксид обладает также гепатотоксическим и гематотоксическим действием.

Марганец в сварочных аэрозолях поступает в воздух рабочей зоны в виде оксидов (MnO , Mn_2O_3 , MnO_2). Токсичность этих соединений зависит от валентности марганца и возрастает с увеличением его окисленности. Наибольшие концентрации оксида марганца установлены на рабочих местах газорезчика и электрогазосварщика. В частности, при выполнении сварочных работ фактическое содержание MnO в воздухе рабочей зоны зависит от вида сварки, используемых электродов и других материалов. Фактическая концентрация оксида марганца при выполнении сварочных работ может достигать порядка $0,37 \text{ мг/м}^3$. Соединения марганца относятся к высокоопасным веществам. Среднесуточная ПДК для марганца оксидов (в пересчете на марганец диоксид) составляет $0,3 \text{ мг/м}^3$. Превышение ПДК указывает на высокий риск развития хронических интоксикаций и профессиональных заболеваний. Марганец и его соединения, в том числе оксиды, являются политоксическим ядом, негативно воздействующим на нервную систему, дыхательные пути, кровь, печень и почки. Оксиды марганца обладают кумулятивными свойствами, при длительном и повторном воздействии способны накапливаться в организме [8].

Оксид углерода (CO) и азота оксиды (NO , NO_2) – газы, являющиеся продуктами сгорания материала. Фактическая концентрация CO на рабочих местах при выполнении сварочных работ, газовой резки и сгорании угля не превышает установленную ПДК для воздуха рабочей зоны 20 мг/м^3 . Однако оксид углерода при ингаляционном поступлении с загрязненным воздухом легко преодолевает альвеолярно-капиллярную мембрану, проникает в кровь и вызывает токсические эффекты даже при небольших, но систематически поступающих концентрациях. Итогом токсических процессов воздействия CO , связанных с образованием в организме карбоксигемоглобина, является снижение концентрации доступного кислорода в крови, что в свою очередь приводит к депрессии аэробного метаболизма во всех органах и тканях организма, с преимущественным повреждением головного мозга и миокарда, наиболее чувствительных к гипоксии [9]. Оксиды азота обладают общетоксическим действием, неблагоприятно влияют на дыхательные пути. В частности, по результатам исследований воздуха рабочей зоны при выполнении газовой резки и сварочных работ отмечаются высокие концентрации оксида азота на уровне $5,9 \text{ мг/м}^3$, при уровне $\text{ПДК}=5$

мг/м³. Как и оксид углерода, оксид азота является гематотоксическим ядом, снижающим способность крови переносить кислород, приводя к гипоксии.

Органические растворители ацетон, этилацетат, бутанол, бензол, бутилацетат, толуол, ксилол поступают в воздух рабочей зоны при выполнении окрасочных работ в виде паров, обладают раздражающим и наркотическим действием. Данные вещества обладают кумулятивными свойствами, способны накапливаться в организме и могут привести к заболеваниям в отдаленные периоды жизни человека. Длительное воздействие токсикантов опасно поражением печени, почек, кроветворной системы. Наиболее токсичным и опасным веществом из представленных в группе органических растворителей является бензол (C₆H₆). Бензол - вещество высокоопасное, легко проникает в организм человека, хорошо абсорбируется при ингаляционном поступлении, обладает. Метаболизм бензола в основном происходит в печени и легких. Ксенобиотик и его метаболиты оказывают прямое и опосредованное цитотоксическое действие, индуцируют повреждение ДНК. Анализ научных экспериментальных и эпидемиологических данных, представленный в работе [10, 11], указывает на высокую биологическую активность бензола даже при низких концентрациях, что обуславливает индуцируемые им биологические эффекты.

Фактические концентрации химических веществ, представленные в данном исследовании, были получены в результате проведенного производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических правил и специальной оценки условий труда научно-производственным центром «Охрана труда» на рабочих местах предприятий Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» в период с 2022 по 2025 год.

Таким образом можно сделать вывод о том, что вредные вещества, исследуемые на рабочих местах для оценки химического фактора, обладают выраженным токсическим действием на организм даже при отсутствии превышений предельно допустимых концентраций. Принимая во внимание высокую вероятность повреждения здоровья, учет токсикологических характеристик вредных веществ может быть выполнен путем увеличения степени вредности установленного гигиенического класса условий труда по химическому фактору на одну и более единиц. Данный шаг в дальнейшем позволит объективно оценить уровень риска для здоровья и разработать эффективные меры профилактики профессиональных заболеваний.

Список литературы

1. **Логинова, В. А.** Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта / В. А. Логинова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 96-101. – DOI 10.21668/health.risk/2017.2.10.
2. **Иващенко, Г. И.** Оценка и анализ профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта / Г. И. Иващенко // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-9. – С. 59-62. – DOI 10.18411/trnio-12-2022-421.
3. **Пичкалева, С. Ю.** Профессиональная заболеваемость среди работников подвижного состава железнодорожного транспорта в РФ / С. Ю. Пичкалева // Научное образование. – 2021. – № 3(12). – С. 155-157.

References

1. **Loginova, V. A.** Hygienic assessment of working conditions and professional health risks of workers at railway transport facilities / V. A. Loginova // Health risk analysis. - 2017. - No. 2. - P. 96-101. - DOI 10.21668/health.risk/2017.2.10.
2. **Ivaschenko, G. I.** Assessment and analysis of professional risks of railway workers / G. I. Ivaschenko // Trends in the development of science and education. - 2022. - No. 92-9. - P. 59-62. - DOI 10.18411/trnio-12-2022-421.
3. **Pichkaleva, S. Yu.** Occupational morbidity among rolling stock workers of railway transport in the Russian Federation / S. Yu. Pichkaleva // Scientific education. - 2021. - No. 3 (12). - P. 155-157.

4. **Чубарь, Е. П.** Риск-ориентированный подход к оценке условий труда на железнодорожных предприятиях / Е. П. Чубарь, И. Г. Переверзев // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, 20–22 апреля 2020 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 44-47.

5. **Леваков, Н. Д.** Методические основы и критерии оценки профессиональных рисков / Н. Д. Леваков, В. А. Никифорова // Молодая мысль: наука, технологии, инновации : Материалы XVI (XXII) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 03–07 апреля 2024 года. – Братск: Братский гос.университет, 2024. – С. 65-69.

6. **Комзолов, А.А.** Анализ методических подходов к количественной оценке профессиональных рисков / А. А. Комзолов, Т. В. Кириченко, В. Д. Бархатов, М. В. Манежева // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 110-141. – DOI 10.38050/01300105202226

7. **Шестова, Г. В.** Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения/ Г. В. Шестова, Т. М. Иванова, Г. А. Ливанов, К. В. Сизова // Медицина экстремальных ситуаций. – 2014. – С.59-65.

8. **Гребенюк, А. Н.** Оксид углерода: механизм токсического действия, патогенез и клинические проявления острой интоксикации/ А.Н. Гребенюк, В.Н. Быков//Токсикологический вестник. Том 29 - №3 – 2021. – С.4-9.

9. **Шабардина, Л. В.** Токсическое действие бензола / Л. В. Шабардина // Медицина труда и экология человека. 2025:230 – 264. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10412>

10. **Борисова, А. В.** Оценка экологического риска воздействия промышленных токсикантов на окружающую среду / А. В. Борисова // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической

4. **Chubar, E. P.** Risk-oriented approach to assessing working conditions at railway enterprises / E. P. Chubar, I. G. Pereverzev // Transport: science, education, production: collection of scientific papers, April 20–22, 2020. Volume 2. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2020. – P. 44-47

5. **Levakov, N. D.** Methodological foundations and criteria for assessing professional risks / N. D. Levakov, V. A. Nikiforova // Young thought: science, technology, innovation: Proceedings of the XVI (XXII) All-Russian scientific and technical conference of students, master's students, postgraduates and young scientists, April 3-7, 2024. - Bratsk: Bratsk State University, 2024. - Pp. 65-69.

6. **Komzolov, A. A.** Analysis of methodological approaches to the quantitative assessment of professional risks / A. A. Komzolov, T. V. Kirichenko, V. D. Barkhatov, M. V. Manezheva // Bulletin of Moscow University. Series 6: Economy. - 2022. - No. 2. - Pp. 110-141. – DOI 10.38050/01300105202226

7. **Shestova, G.V.** Toxic effects of manganese as a risk factor for public health / G. V. Shestova, T. M. Ivanova, G. A. Livanov, K. V. Sizova // Medicine of extreme situations. - 2014. - Pp. 59-65.

8. **Grebenyuk, A. N.** Carbon monoxide: mechanism of toxic action, pathogenesis and clinical manifestations of acute intoxication / A.N. Grebenyuk, V.N. Bykov // Toxicological Bulletin. Vol. 29 - No. 3 - 2021. - Pp. 4-9.

9. **Shabardina, L. V.** Toxic effect of benzene / L. V. Shabardina // Occupational Medicine and Human Ecology. 2025:230 – 264. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025>

10. **Borisova, A. V.** Assessment of the environmental risk of industrial toxicants on the environment / A. V. Borisova // Transport: science, education, production: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don,

конференции, Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 292-295

11. Обеспечение охраны труда и транспортной безопасности в условиях мультимодальной перевозки / А. В. Борисова, Д. А. Рудиков, В. А. Фирсов [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(59). – С. 49-55.

April 24–26, 2024. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2024. – P. 292–29

11. Ensuring labor protection and transport safety in conditions of multimodal transportation / A. V. Borisova, D. A. Rudikov, V. A. Firsov [et al.] // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2022. - No. 2 (59). - P. 49-55.

A.V. Borisova, N.M. Yaitskova

TOXICOLOGICAL ASPECTS IN ASSESSING PROFESSIONAL RISK IN RAILWAY WORKSHOPS

Abstract. The paper provides an analysis of the sources of occupational risks associated with occupational diseases among railway transport workers. Using the example of certain railway transport occupations where workers are exposed to chemical factors, the paper provides a review of chemical substances, taking into account their toxicological characteristics and harmfulness indicators. The paper also provides recommendations for considering the toxicity indicators of harmful substances in assessing occupational risks at the workplace.

Keywords: occupational risk, occupational disease, workplace, harmful substance, chemical factor, toxicity indicators, working conditions.

For citation: Borisova, A. V. Toxicological Aspects of the Occupational Risk of Railway Workers / A. V. Borisova, N. M. Yaitskova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 6–11. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6.

Сведения об авторах

Борисова Анастасия Викторовна

Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: nastja004@bk.ru

Яицкова Наталья Михайловна

Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: yia11@bk.ru

Information about the authors

Borisova Anastasia Viktorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: nastja004@bk.ru

Yaitskova Natalia Mikhailovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: yia11@bk.ru