Дата поступления рукописи в редакцию: 12.05.2026 г. DOI: 10.24412/2782-3830-2026-6-468-473
Дата принятия рукописи в печать: 02.07.2026 г.

БЫКОВА Ольга Александровна,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
e-mail:olbyk75@mail.ru

СТЕПАНОВ Алексей Владимирович,
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
e-mail: alexeystepanow@mail.ru

ИЛЬЯСОВ Олег Рашитович,
доктор биологических наук,
профессор кафедры «Техносферная и экологическая безопасность»
Уральский государственный аграрный университет,
профессор кафедры «Техносферная безопасность»
Уральский государственный университет путей сообщения,
ст. научный сотрудник УрНИВИ ФГБНУ УрФАНИЦ УрОРАН,
e-mail: ilyasov3@rambler.ru

СМИРНОВА Екатерина Сергеевна,
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
e-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru

РАЖИНА Ева Валерьевна,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
e-mail: eva.mats@mail.ru

ШИЛОВЦЕВ Андрей Владимирович,
кандидат исторических наук, доцент кафедры философии,
Уральский государственный аграрный университет,
доцент кафедры теории, методологии и правового обеспечения
государственного и муниципального управления,
Уральский федеральный университет,
e-mail: a.shilovtsev@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Аннотация. *Сохранение качества атмосферного воздуха является одним из приоритетных направлений государственной экологической политики Российской Федерации. Ежегодные валовые выбросы загрязняющих веществ в крупнейших агломерациях Челябинской области превышают 50 тысяч тонн в год, существенная часть которых формируется за счёт транспортных средств. Для городов с развитой железнодорожной инфраструктурой характерна дополнительная нагрузка от маневровых и магистральных тепловозов, осуществляющих грузовые перевозки. Целью исследования являлась экологическая оценка деятельности предприятия железнодорожных грузовых перевозок и его влияния на воздушную среду г. Троицка. Установлено, что содержание взвешенных веществ, диоксида азота, диоксида серы, свинца находилось в пределах установленных ПДК. Максимальное приближение к нормативу зафиксировано для диоксида азота в жилой зоне.*

Ключевые слова*: железнодорожный транспорт, атмосфера, воздух населенных пунктов, экологический контроль, экотоксиканты.*

BYKOVA Olga A.,
doctor of agricultural sciences,
professor of the Department
of biotechnology and food products,
Ural State Agrarian University

STEPANOV Alexey V.,
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department
of Biotechnology and Food Products

ILYASOV Oleg R.,
Doctor of Biological Sciences,
Professor of the Department of Technosphere Safety,
Ural State University of Railway Transport,
Professor of the Department of Technosphere and Environmental Safety,
Ural State Agrarian University, Senior Researcher,
Ural Research Veterinary Institute,
Federal State Budgetary Scientific Institution,
Ural Federal Research Center,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

SMIRNOVA Ekaterina S.,
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department
of Biotechnology and Food Products
Ural State Agrarian University

RAZHINA Eva V.,
Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor of the Department
of Biotechnology and Food Products

SHILOVTSEV Andrey V.,
Candidate of Historical Sciences,
Associate Professor of the Department of Philosophy,
Ural State Agrarian University,
Associate Professor of the Department of Theory,
Methodology and Legal Support
of Public and Municipal Administration,
Ural Federal University

ENVIRONMENTAL IMPACT OF RAILWAY FREIGHT TRANSPORTATION ENTERPRISES ON THE STATE OF THE ATMOSPHERIC AIR OF A SETTLEMENT

Annotation. *Maintaining air quality is a priority for the Russian Federation's national environmental policy. Annual gross pollutant emissions in the largest metropolitan areas of the Chelyabinsk region exceed 50,000 tons per year, a significant portion of which is generated by transport. Cities with developed rail infrastructure typically experience additional emissions from shunting and mainline diesel locomotives used for freight transportation. The aim of the study was to conduct an environmental assessment of the operations of a rail freight transportation company and its impact on the air in Troitsk. It was found that suspended solids, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and lead levels were within established maximum permissible concentrations (MPCs). Nitrogen dioxide levels were closest to the standard in residential areas.*

Key words: *railway transport, atmosphere, air of populated areas, environmental control, ecotoxicants.*

Введение

Сохранение качества атмосферного воздуха является одним из приоритетных направлений государственной экологической политики Российской Федерации. Право граждан на благоприятную окружающую среду закреплено статьей 42 Конституции РФ. Базовым законодательным актом в данной сфере выступает Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», который устанавливает обязанности юридических лиц по соблюдению нормативов допустимого воздействия. Специализированное регулирование в области охраны атмосферного воздуха осуществляется Федеральным законом от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (в действующей редакции). В соответствии со статьей 14 данного закона, выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарным источником допускается только на основании разрешения, в котором установлены предельно допустимые выбросы (ПДВ). Кроме того, обязательным является соблюдение санитарно-эпидемиологических требований (СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»), а также выполнение мероприятий по сокращению выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) согласно Административному регламенту Росприроднадзора [1,2,3,4,5,6].

В условиях усиления государственного надзора (включая систему автоматического контроля выбросов для объектов I категории) вопрос реального воздействия промышленных предприятий на атмосферный воздух малых и средних городов приобретает особую остроту. ОАО «РЕФСЕРВИС» (г. Троицк) является предприятием, осуществляющим ремонт и обслуживание подвижного состава, что связано с работой источников выделения загрязняющих веществ: оксидов азота, углерода, серы, летучих органических соединений и взвешенных частиц. Целью настоящей работы являлась экологическая оценка деятельности предприятия железнодорожных грузовых перевозок и его влияния на воздушную среду г. Троицка.

Материалы и методы

Материалом для исследования служили пробы атмосферного воздуха, отобранные согласно РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Отбор проб атмосферного воздуха проводили в жилом секторе поселка Гончарка в 800 м от предприятия (проба 1) и на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия (проба 2). На каждой площадке пробы отбирали на трёх высотах от поверхности земли: 0,5 м (зона дыхания детей), 1,5 м (зона дыхания взрослых), 3,0 м (верхний слой, для оценки вертикального градиента). Контролируемые показатели: взвешенные вещества (ВВ), диоксид азота (NO_2), диоксид серы (SO_2), свинец (Pb).

Оценку качества атмосферного воздуха проводили согласно СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Все концентрации сопоставлены с ПДКм.р. и фоновыми значениями.

Концентрацию диоксидов серы и азота устанавливали фотоколориметрическим методом с использованием пленочных хемосорбентов, свинца – с применением твердого сорбента по реакции с дитизоном. Взвешенные вещества улавливали при помощи фильров АФА-ВП. Полученные результаты исследований сравнивали с ПДК атмосферного воздуха для населенных пунктов.

Анализ проб проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерной программы «Excel».

Результаты

Согласно официальным сводкам природоохранных ведомств, ежегодные валовые выбросы загрязняющих веществ в крупнейших агломерациях Челябинской области превышают 50 тысяч тонн в год. Существенная часть этих объёмов формируется за счёт передвижных источников, прежде всего транспортных средств. Для городов с развитой железнодорожной инфраструктурой характерна дополнительная нагрузка от маневровых и магистральных тепловозов, осуществляющих грузовые перевозки.

Продукты сгорания топлива (выхлопные газы) инициируют цепь окислительных реакций, что ведёт к снижению доли свободного кислорода в приземном слое атмосферы. Хроническое вдыхание таких смесей провоцирует нарушения в работе дыхательной, кровеносной и нервной систем, повышая риск профессиональных и общих заболеваний.

Поэтому систематическое наблюдение за качеством воздушной среды и соблюдение нормативов выбросов являются одними из главных условий экологической безопасности населения Челябинской области, включая территорию г. Троицка.

Процедура экологического мониторинга включает обязательное количественное определение ряда ингредиентов, накопление которых в атмосферном воздухе сверх допустимых пределов служит прямым следствием человеческой деятельности. На предприятиях железнодорожного грузового транспорта в процессе движения подвижного состава, а также при ремонтных и сервисных работах в атмосферу выделяются: диоксид азота (NO_2), диоксид серы (SO_2), твёрдые взвешенные частицы, а также соединения свинца (Pb). Именно эти вещества были выбраны в качестве контрольных показателей.

В исследовании сравнивали две точки отбора: граница санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия (проба № 2) и жилая застройка г. Троицка (проба № 1). Зафиксированные концентрации сопоставлены с предельно допустимыми значениями (ПДК, СанПиН 1.2.3685-21) и региональным фоновым уровнем. Для оценки вертикального градиента пробы отбирали на высотах 0,5м, 1,5м и 3,0м в зимний период, а также проводили сравнения с летними замерами на стандартной высоте 1,5м. Полученные результаты отражены в *таблице 1* (взяты базовые пробы на высоте 1,5 м в среднем по сезонам года).

Таблица 1. Содержание второстепенных компонентов в воздушной среде г. Троицка, мг/м³

Проба	Показатель			
	Взвешенные вещества	Диоксид азота	Диоксид серы	Свинец
Проба № 1	0,19 ±0,01	0,079 ±0,003	0,032 ±0,002	0,00036 ±0,00002
Проба № 2	0,45 ±0,03	0,027 ±0,001	0,033 ±0,002	0,00031 ±0,00002
ПДК	0,50	0,085	0,500	0,00050
Фоновое содержание	Менее 0,15	0,016	0,012	0,00010

Результаты исследований свидетельствуют о том, что концентрация взвешенных веществ на границе СЗЗ была ниже ПДК на 10%, однако превышала фоновое содержание в 3 раза. В жилой зоне содержание взвешенных веществ в воздушной среде составило 38% от норматива и было незначительно выше фона. Снижение концентрации от границы СЗЗ к жилой зоне составляет 58%, что свидетельствует о рассеивании выбросов.

Наибольшая концентрация диоксида азота зафиксирована в жилой зоне – 0,079 мг/м³, что составляет 93% от ПДК (0,085 мг/м³) и превышает фоновое значение (0,016 мг/м³) почти в 5 раз. На границе СЗЗ концентрация NO_2 (0,027 мг/м³) значительно ниже – лишь 32% от ПДК. Такое распределение может объясняться наложением потоков от предприятия и других источников (автотранспорт, отопление) в селитебной зоне, а также особенностями розы ветров.

Концентрации диоксида серы в обеих пробах близки: 0,032–0,033 мг/м³, что составляет всего 6–7% от ПДК (0,500 мг/м³). Фоновое содержание – 0,012 мг/м³. Уровни SO_2 находятся в пределах нормы и не создают угрозы для населения. Превышение над фоном примерно в 2,7 раза, однако абсолютные значения низки.

Содержание свинца в жилой зоне – 0,00036 мг/м³, на границе СЗЗ – 0,00031 мг/м³, что значительно ниже ПДК (0,0005 мг/м³): 72% и 62% от норматива соответственно. Фоновое содержание – 0,00010 мг/м³. Превышение над фоном в 3–3,6 раза указывает на техногенное происхождение свинца (вероятно, от выбросов при работе тепловозов или сварочных постов). Тем не менее, гигиенический норматив не нарушен. Уровень содержания свинца в воздухе жилой зоны был несколько выше этого показателя на границе СЗЗ, что объясняется способностью тяжелых металлов переноситься в виде мелкодисперсных

частиц на 300–500 м от источника выброса и дополнительным вкладом от автотранспорта в жилой зоне.

Распределение концентраций по высоте зависит от плотности газа и характера источника выбросов. Результаты исследований вертикального распределения загрязняющих веществ в зимний период свидетельствуют о том, что концентрация взвешенных веществ в воздушной среде на границе СЗЗ на высоте 0,5 м незначительно превышала ПДК (на 2%), на высоте 1,5 и 3 м – снижалась и составляла 90 и 76 % от ПДК, в жилой зоне – находилась в пределах допустимого значения и уменьшалась к 1,5 и 3 м на 14 и 32 % относительно нижней точки отбора. Возможной причиной такого вертикального распределения концентрации взвешенных веществ считаем низкую высоту организованных источников их поступления на предприятии, таких как открытые разгрузочно-погрузочные площадки, перемещение сыпучих грузов, проезд тепловозов по неасфальтированным путям. Частицы пыли поднимаются на небольшую высоту до 0,5–1 м и оседают в зоне дыхания. В результате работ, производимых на сварочных и заточных постах, мелкодисперсная пыль выбрасывается практически на уровне земли. Вторичное пылеобразование происходит зимой из-за малого количества осадков и становится источником ресуспензии. Концентрация взвешенных веществ уменьшается с увеличением высоты во всех зонах, по нашему мнению, в связи с тем, что крупные частицы под действием гравитации оседают быстрее, не достигая уровня взрослого человека.

Содержание NO_2 в воздухе жилой зоны на высоте 0,5 м достигало предельно допустимый уровень, на высоте 1,5 и 3 м – снижалось до 93 и 82 % от ПДК, на границе СЗЗ – было ниже предельно допустимого значения в 3-4 раза. Диоксид азота по большей части скапливается в приземном слое атмосферы вследствие более высокой плотности относительно воздуха, поэтому в безветренных условиях, особенно зимой, он «стелется» у земли. В жилой зоне его концентрация оказалась выше, чем на границе СЗЗ в связи с тем, что большинство выбросов NO_2 происходит на высоте выхлопной трубы тепловоза (примерно 2–3 м), и до уровня 0,5 м на территории предприятия газ не успевает опуститься из-за начальной турбулентности. В жилой зоне же к осевшим с предприятия собственным выбросам тепловозов при маневровых работах добавляется вклад автотранспорта (в жилой зоне проходит дорога с интенсивным движением).

Уровни содержания свинца и SO_2 в воздухе не превышали допустимых значений в обеих зонах и на всех высотах. При этом но на высоте 0,5 м их содержание оказалось максимальным, что возможно объяснить гравитационным оседанием аэрозолей: свинец содержится в выхлопах дизельных двигателей (присадки к топливу, смазочные материалы) и конденсируется на мелкодисперсных частицах, которые также опускаются вниз.

Анализ сезонной динамики показал, что в летний период в воздушной среде содержались более низкие концентрации для большинства компонентов за счёт усиленной вертикальной турбулентности и отсутствия отопительных систем. Концентрация диоксида азота в жилой зоне и на границе СЗЗ предприятия летом была ниже зимнего значения в 2 и 1,4 раза соответственно благодаря усилению вертикального перемешивания и снижению нагрузки от отопления. Кроме того, летом под действием солнечного света и повышенных температур NO_2 активно участвует в фотохимических реакциях (превращается в озон и другие оксиды). Период полужизни NO_2 летом – несколько часов, зимой – несколько суток. Это объясняет, почему летом даже при сохранении объёмов выбросов концентрация NO_2 падает. Содержание диоксида серы в воздухе обеих зон в течение года имело аналогичную динамику (в 1,8-1,6 раза ниже зимнего значения) несмотря на то, что диоксид серы инертен по отношению к фотохимии, его основной механизм удаления – сухое осаждение и дожди. Зима в Троицке сухая (осадки преимущественно в виде снега), поэтому накопление SO_2 менее зависит от сезона, чем у NO_2.

Воздух жилой зоны и на границе СЗЗ предприятия летом содержал взвешенных веществ в 1,2 и 1,7 раза меньше относительно зимнего периода, что объясняется уменьшением выбросов от котельных и меньшей ресуспензией.

Концентрация свинца в воздухе жилой зоны и на границе СЗЗ предприятия снижалась летом в 1,8 раза по сравнению с зимним значением, что характерно для металлов, оседающих преимущественно в холодный период из-за инверсий. Снижение концентраций свинца и взвешенных веществ в воздушной среде летом связано с лучшими условиями рассеивания (вертикальная конвекция), снижением вклада котельных и отопления, частыми дождями, вымывающими частицы.

Более высокие значения исследуемых показателей в зимний период можно объяснить образованием инверсионных слоев в равнинной части Челябинской области, включая Троицк, когда холодный воздух задерживает примеси в приземном слое, препятствуя вертикальному рассеиванию. При низких температурах выхлопные газы тепловозов хуже поднимаются, дольше остаются в зоне дыхания. Кроме того, зима это отопитель-

ный сезон и помимо технологических выбросов в воздушную среду добавляются выбросы от котельных. В жилой зоне – печное отопление частного сектора.

Заключение

При сравнении проб № 1 (жилая зона) и № 2 (граница СЗЗ) выявлены следующие закономерности. Уровень содержания взвешенных веществ выше на границе СЗЗ (0,45 мг/м^3 против 0,19 мг/м^3), что ожидаемо для зоны непосредственного влияния предприятия. Концентрация диоксида азота была выше в жилой зоне (0,079 против 0,027 мг/м^3), что может быть связано с дополнительным вкладом автотранспорта или отопительных систем. Количество диоксида серы было практически одинаковым в обеих точках (около 0,032–0,033 мг/м^3). Свинца содержалось несколько больше в атмосферном воздухе жилой зоны (0,00036 против 0,00031 мг/м^3), но разница незначительна.

Важно отметить, что ни одна из проб не превысила установленные ПДК. Максимальное приближение к нормативу зафиксировано для диоксида азота в жилой зоне (93% ПДК). По всем остальным показателям запасы безопасности составляют от 10% (взвешенные вещества на СЗЗ) до 94% (диоксид серы).

Сравнение с фоновыми концентрациями показывает, что деятельность предприятия вносит заметный вклад в загрязнение атмосферы по взвешенным веществам (превышение фона в 3 раза на СЗЗ), свинцу (превышение в 3 раза) и диоксиду серы (в 2,7 раза). Однако, поскольку абсолютные значения остаются в пределах санитарно-гигиенических норм, прямое негативное воздействие на здоровье населения в штатном режиме не подтверждается.

Предприятие железнодорожных грузовых перевозок в г. Троицке оказывает измеримое, но допустимое воздействие на атмосферный воздух. Наибольшую обеспокоенность вызывает накопление диоксида азота в жилой зоне, требующее дополнительного исследования с учетом других источников.

Список литературы:

[1] Пащенко Л. В., Потапенко В. И. Загрязнение атмосферы предприятиями железнодорожного транспорта // Сборник научных трудов ДОНИЖТ. 2017. №47. С. 48-50.

[2] Буянова К.А., Шляхова М.А. Влияние железнодорожного транспорта на окружающую среду // Молодой ученый. 2025. № 26 (577). С. 118-121.

[3] Практическая экология на железнодорожном транспорте: учебное пособие. М.: Учебно-методический центр по образованию на ж-д транспорте. 2013. 277 с.

[4] Железнодорожный транспорт: Научно-теоретический технико-экономический журнал/ Орган Министерства Путей Сообщения. М. : Транспорт. 2006. №2. С.60-65.

[5] Клочкова Е.А. Промышленная, пожарная и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте. М.: УМЦ ЖДТ, 2008. С. 456.

[6] Малов Н. Н., Коробов Ю. И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 2004. С. 238.

References:

[1] Pashchenko L. V., Potapenko V. I. Air pollution by railway transport enterprises//Collection of scientific works DONIZHT. 2017. №47. S. 48-50.

[2] Buyanova K.A., Shlyakhova M.A. Influence of railway transport on the environment//Young scientist. 2025. № 26 (577). S. 118-121.

[3] Practical Ecology in Rail Transport: A Study Guide. M.: Educational and methodological center for education on railway transport. 2013. 277 pp.

[4] Railway transport: Scientific and theoretical technical and economic journal/Body of the Ministry of Railways. M.: Transport. 2006. №2. S.60-65.

[5] E.A. Klochkova. Industrial, fire and environmental safety in railway transport. M.: UMC ZHDT, 2008. S. 456.

[6] Malov N. N., Korobov Yu. I. Environmental Protection in Railway Transport. M.: Transport, 2004. S. 238.