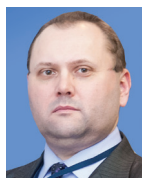


Мобильные аналитические мониторинговые комплексы на железнодорожном транспорте



В. В. Дроздов,
к. геогр. н., доцент кафедры экологии и биоресурсов ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»



А. В. Косенко,
преподаватель кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы Военного института Железнодорожных войск и военных сообщений Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева

Для обеспечения ведомственного экологического мониторинга в ОАО «РЖД» используют поезда-лаборатории. Техническое оснащение аналитических мониторинговых комплексов позволяет их применение в интересах различных ведомств.

Государственный экологический мониторинг — комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в частности компонентов природной среды, естественных экологических систем, оценка и прогноз происходящих изменений. Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в указанной области, обеспечение соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, в частности, нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил [1].

Загрязнение атмосферного воздуха относится к наиболее опасным видам загрязнения окружающей среды, так как загрязняющие вещества с токсичными свойствами способны в данном случае распространиться от источника их образования быстрее и на большие расстояния, чем при попадании в водную среду или в почву. В пределах городов и промышленных зон имеются стационарные посты и передвижные автомобильные лаборатории, обеспечивающие государственный и производственный экологический мониторинг и контроль качества атмосферного воздуха. Учитывая значительную пространственную протяженность промышленных центров нашей страны, освоение удаленных районов Севера и Дальнего Востока, а также быстрое распространение некоторых загрязняющих веществ в воздушной среде нужны результаты не только локальных и региональных измерений, но и трансграничных. Такие данные получают с помощью мониторинговых систем, установленных в вагонах-лабораториях поездов.

Цель работы — анализ практических результатов, полученных при использовании

мобильных аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте в нашей стране, и разработка предложений их дальнейшего применения для экологического мониторинга и контроля и решения специальных задач.

Опыт применения мобильных аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте

В 1995 г. ученые Института физики атмосферы РАН при поддержке нобелевского лауреата, директора Института химии им. Отто Гана Общества научных исследований им. Макса Планка Пауля Крутцена создали передвижную лабораторию в вагоне обычного пассажирского поезда и стали проводить комплексные наблюдения содержания различных газов в атмосфере на пути его следования. Всего за девять месяцев была подготовлена первая экспедиция, которая отправилась через всю страну во Владивосток [3–8].

В 2003 г. по техническому заданию, разработанному Институту физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Всероссийским институтом железнодорожного транспорта Министерства путей сообщения и Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологии им. Д. И. Менделеева, на Торжокском вагоностроительном заводе был изготовлен передвижной аналитический комплекс из двух специализированных вагонов для наблюдений загрязнения атмосферы. Был создан уникальный российский поезд-лаборатория TROICA (Transcontinental Observations Into the Chemistry of the Atmosphere — трансконтинентальные данные наблюдений химии атмосферы), который осуществил несколько трансконтинентальных маршрутов в пределах нашей страны, выполняя наблюдения за химическим составом атмосферы [3–8].

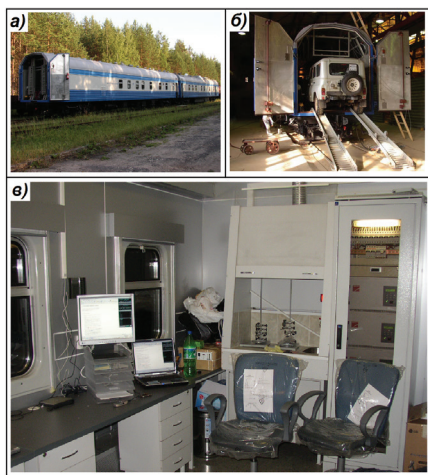


Рис. 1. Поезд-лаборатория TROICA [9, 10]:

а – общий вид; б – вагон-носитель автомобиля «УАЗ»; в – лабораторное помещение

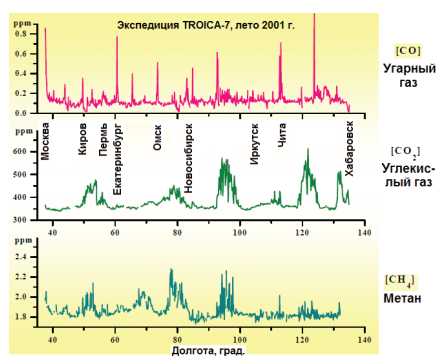


Рис. 2. Результаты непрерывных наблюдений содержания угарного газа, углекислого газа и метана вдоль трассы следования поезда-лаборатории в период экспедиции TROICA-7 от Москвы до Хабаровска в 2001 г. [10]

Один вагон поезда представлял собой обсерваторию для наблюдения за метеорологическими параметрами, где находились приборы — измерители концентраций веществ-загрязнителей, включая аэрозоли, а также измерители озона в воздухе. В другом вагоне — химической лаборатории — во время движения анализировали пробы воздуха, воды, почвы, растительности. Лаборатория оснащалась автомобилем (рис. 1), и район исследования можно было расширить.

Приведем основные маршруты лаборатории TROICA: Калининград–Москва–Владивосток (Транссиб); Калининград–Москва–Комсомольск-на-Амуре–Ванино (БАМ); Мурманск–Москва–Кисловодск; Воркута–Нижний Новгород–Волгоград–Махачкала; Новый Уренгой–Екатеринбург–Астрахань. В конце октября 2009 г. завершилась тринадцатая экспедиция, которая проходила по Рязанской и Тульской областям, а затем по Транссибирской магистрали от Москвы до Владивостока и обратно.

В выполнении исследовательских проектов TROICA участвовали ученые и техники Института физики атмосферы им. А. М. Обухова, Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова, Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, Института химии Макса Планка и других организаций России, Германии, Финляндии и Австрии [3–8].

Отличительная особенность данной лаборатории — возможность не только следить за высокими концентрациями тех или иных веществ в определенном месте, но и фиксировать малые колебания концентрации на фоновом уровне. Химический, элементный и изотопный анализы позволяют проследить распределение примесей и вклад антропогенных и природных источников в загрязнение атмосферы, оценить эмиссии парниковых газов: метана, оксида и диоксида углерода, закиси азота. Приборы дистанционного контроля дают возможность оценивать выбросы промышленных источников, расположенных в приземном слое на расстоянии пяти-восьми километров от железной дороги. Через каждые 10 или 60 с измерялось до 50 параметров, полученные данные поступали в единую базу. Были созданы трехмерные фотохимические и транспортные модели, позволяющие интерполировать данные наблюдений на всю территорию, которую пересекает железная дорога, оценить состояние и состав атмосферы, выявить источники загрязненных воздушных масс и их химическую трансформацию во время движения [7–9].

Тринадцатая экспедиция TROICA была оснащена единой автоматизированной информационной системой. Приборы-анализаторы передавали данные мониторинга на единый сервер, часть данных через спутниковую систему оперативно поступала в Москву, в частности в МЧС России.

Объемы естественных источников поступления парниковых газов (метана и углекислого газа) на территории Западной Сибири из болотных массивов очень велики, поэтому одна из важнейших задач мониторинга — определить соотношение между естественными и антропогенными источниками парниковых или токсичных газов. Наблюдения в поезде дают возможность, прорезая шлейф от какого-то природного или антропогенного источника (от локального предприятия, от города или даже от выноса загрязненного воздуха, который распространяется на несколько

сотен километров), оценить количество выброшенного вещества.

Во время экспедиции TROICA-7 в 2001 г. были зарегистрированы повышенные значения концентрации метана, угарного и углекислого газа, оксида азота в ряде районов (рис. 2, 3). Было установлено, что радиус действия антропогенных городских источников загрязнения атмосферы может составлять 100 км и более. В ходе экспедиций по программе TROICA выяснилось, что наиболее загрязнены Европейская территория страны и Хабаровский край. В зимний период наиболее высокие концентрации оксида азота отмечены в Сибири. Экстремально высокие значения зарегистрированы на железнодорожных станциях и в промышленных зонах.

Современные проекты обеспечения экологической безопасности в ОАО «РЖД»

Железнодорожный транспорт представляет собой один из наиболее экологически чистых видов транспорта. Согласно ст. 67 закона «Об охране окружающей среды» № 7 ФЗ от 10.01.2002 [1] на предприятиях должен осуществляться производственный контроль выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сброса вредных веществ в водоемы, образования токсичных отходов на предприятиях железнодорожного транспорта. Дальнейшая электрификация железных дорог, т. е. замена тепловозов электровозами, позволит исключить загрязнение воздуха отработавшими газами дизельных двигателей.

В рамках соблюдения экологической безопасности в ОАО «РЖД» осуществляется ряд проектов и программ, в частности с использованием аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте [11].

В 2012 г., когда российским железным дорогам исполнилось 175 лет, ОАО «РЖД» в г. Ярославле построен «Экологический центр». Его основные функции — обучение сотрудников компании новейшим методам и технологиям обеспечения экологической безопасности на железнодорожном транспорте, а также связи с общественностью, проведение конференций и семинаров.

В 2016 г. центрами охраны окружающей среды железных дорог производственный экологический контроль над выбросами и сбросами загрязняющих веществ в атмосферу, водные объекты и загрязнением почв осуществлялся [11]:

- от стационарных объектов — 56 экологическими лабораториями, а также 12 вагонами-лабораториями с бортовым комплексом аналитического оборудования и 53 лабораториями на автомобильном ходу;

- от передвижных источников (тепловозов) — 114 пунктами экологического контроля; все тепловозы после ремонта двигателей проходили обязательное тестирование на указанных пунктах по экологическим показателям.

В передвижном вагоне-лаборатории имеется следующее оборудование: химическая лаборатория с приборами, позволяющими осуществлять отбор проб и анализ промышленных выбросов и сбросов. Кроме того, там находятся купе для проводников и семи сотрудников, подсобные помещения.

За девять месяцев 2016 г. экологическими лабораториями железных дорог выполнено более 200 анализов по воздуху, сбрасываемым стокам, почвам, 3000 анализов по выбросам от автотранспорта и 41000 других анализов, проведена инвентаризация 9200 источников выбросов и сбросов вредных веществ, разработана нормативная экологическая документация (176 томов), продлено 901 разрешение на выбросы, сбросы вредных веществ и размещение отходов [11]. В ОАО «РЖД» принята Экологическая стратегия на период до 2030 г.

Перспективные направления использования мобильных аналитических мониторинговых комплексов

Экологический мониторинг на железнодорожном транспорте осуществляется:

- производственными экологическими лабораториями (отделенческими);
- передвижными экологическими лабораториями (экологическими вагонами-лабораториями и лабораториями на автомобильном ходу).
- пунктами экологического контроля (ПЭК) тепловозов и путевой техники.

Очевидно, что практический опыт, полученный при проведении межрегиональных мониторинговых исследований качества атмосферного воздуха в рамках проекта поезда-лаборатории TROICA с середины 90-х годов XX века [3–10], должен быть тщательно проанализирован и использован для дальнейшего совершенствования подобной техники. На рис. 4 представлена обобщенная схема возможностей использования мобиль-

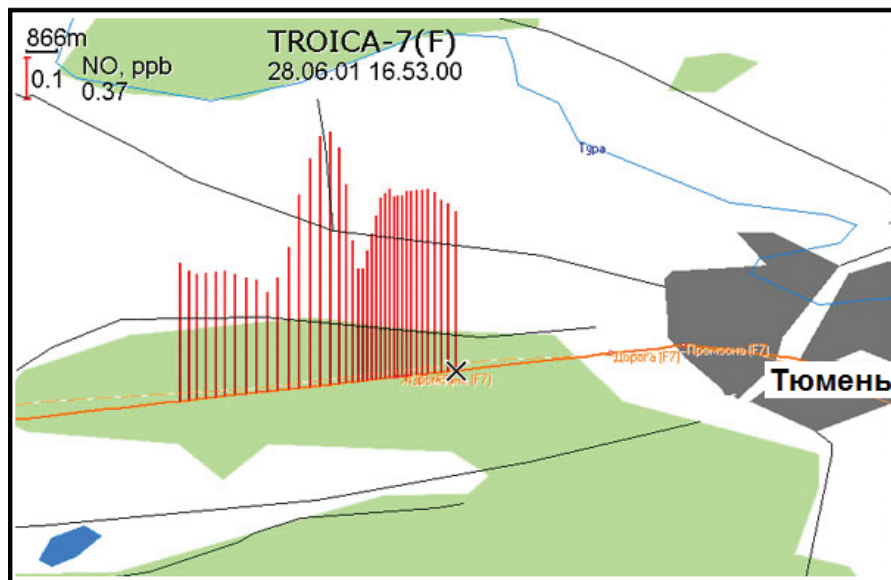


Рис. 3. Результаты непрерывных наблюдений за содержанием оксида азота вдоль трассы следования поезда-лаборатории в период экспедиции TROICA-7 в районе г. Тюмень в 2001 г. [10]

ных аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте. Следует учитывать, что хорошо оснащенные экологические лаборатории для анализа широкого спектра загрязняющих веществ в воздухе и воде имеются далеко не во всех районах нашей страны, особенно в районах Севера и Дальнего Востока. Один из способов решения этой проблемы — лаборатории, размещенные на передвижных средствах: поездах и автомобилях (в частности, на автомобилях, находящихся в специализированных поездах). Кроме того, целесообразен и технически осуществим проект создания беспилотного авиационного железнодорожного мониторингового комплекса (БАМЖК). Базой для него может стать стандартная железнодорожная платформа, переоборудованная под взлетно-посадочную площадку. Включение в состав поезда-лаборатории БАМЖК вертолетного типа даст возможность осуществлять:

- разведку погоды на пути следования поезда-лаборатории, определение условий в атмосфере, способствующих (инверсий температуры) распространению загрязняющих веществ или ослабляющих его;
- фото- и видеосъемку зон чрезвычайных ситуаций, определение источников выбросов загрязняющих веществ;
- специальные исследования в отношении радиационной и химической разведки территорий по ходу движения поезда в мирное и военное время.

В составе мобильных аналитических мониторинговых комплексов на железно-

дорожном транспорте кроме вагона-лаборатории; жилого вагона для персонала, вагона со вспомогательным оборудованием общего назначения должны быть центр связи и навигации, обеспечивающий доступ к спутниковой связи, а также эколого-информационная аналитическая система (ЭИАС), предназначенная для обработки, статистического анализа и каталогизации собираемых данных. Представляется перспективным создание специализированного программного обеспечения нового поколения, обеспечивающего построение математических моделей распределения загрязняющих веществ и их трехмерную визуализацию, а также прогнозирование развития ситуации. В этом отношении имеется значительный задел [3–10].

Для объединения в ЭИАС традиционных аналитических методов обработки информации (методов вариационного исчисления, статистического анализа, имитационного моделирования и др.) с методами теории искусственного интеллекта нужно решить ряд научных и инженерных проблем. Результатом такой интеграции должно стать создание нового класса гибридных математических моделей, обеспечивающих эффективное решение широкого круга задач в области экологической безопасности.

Учитывая сложность химического анализа в условиях экспедиции, часть собранных проб воздуха и воды необходимо консервировать и доставлять в отделенческую лабораторию, аналитическое оборудование которой дополняет приборную базу передвижного аналитического

мониторингового комплекса и расширяет его функциональные возможности.

Таким образом, при использовании сети железных дорог для комплексных мониторинговых работ на значительной пространственной протяженности появляется возможность проводить уникальные непрерывные трансрегиональные наблюдения по качеству атмосферного воздуха в широтном и меридиональном направлении. Наблюдения можно осуществлять с регулируемой скоростью и дискретностью измерений. Для удаленных районов нашей страны, в частности Арктики и Субарктики, наиболее подходит именно железнодорожный транспорт, где удобно размещать сложное аналитическое оборудование и выполнять его обслуживание. Автомобильный транспорт приемлем для этих целей в центральных районах Европейской части страны, имеющих развитую дорожную сеть.

Применение мобильных аналитических мониторинговых комплексов в поездах, совершающих регулярные рейсы по маршрутам вдоль западной, южной и юго-восточной границ России, обеспечит выявление трансграничного загрязнения атмосферы с территории соседних государств, что позволит определить потенциальный ущерб для наших экосистем.

Результаты двадцатилетней работы поезда-лаборатории в рамках проекта TROICA в нашей стране, уникальные по ряду параметров, заслуживают высокой оценки. Полученный опыт требует всестороннего изучения и должен стать основой для новых аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте, создаваемых в ОАО «РЖД». Кроме того, поезда-лаборатории можно применять и в железнодорожных войсках РФ для решения специальных задач.

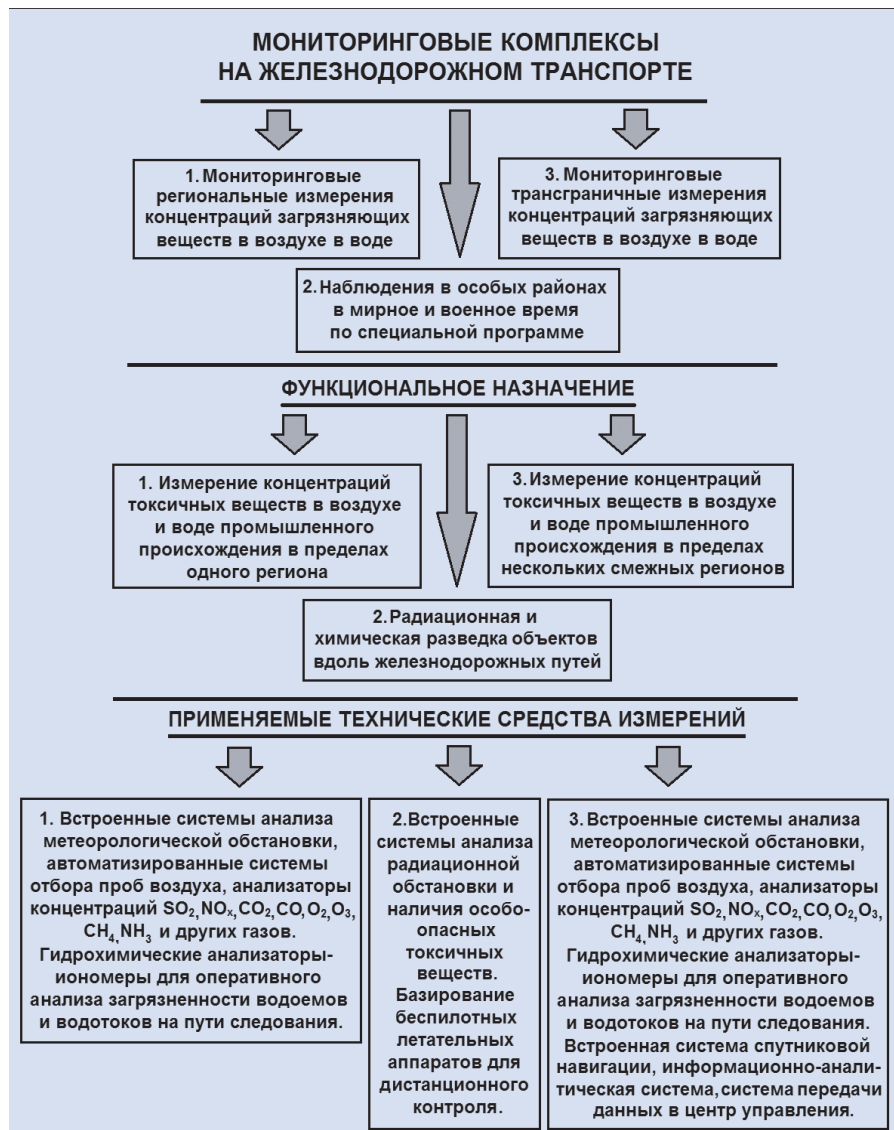


Рис. 4. Обобщенная схема возможностей использования мобильных аналитических мониторинговых комплексов на железнодорожном транспорте

Литература

1. Законы Российской Федерации. Систематическое собрание действующего законодательства. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017). – URL: <https://fzакон.ru/laws/federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-n-7-fz/?yclid=1558297186000718689>.
2. Журнал «Вокруг света». – URL: <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/theory/1055>.
3. Беликов И. Б., Бренникмаер К. А., Еланский Н. Ф. и др. Поверхностная концентрация метана и оксидов углерода над континентальной территорией России по результатам эксперимента TROICA // Изв. Рос. акад. наук. Серия «Физика атмосферы и океана». 2006. Т. 42. № 1. С. 52–63.
4. Голицын Г. С., Еланский Н. Ф., Маркова Т. А. и др. Режим приземного озона над континентальными районами России // Глобальные изменения климата и их последствия для России / ред. Г. С. Голицын, Ю. А. Израэль. – М., 2002. С. 195–211.
5. Гуда А. Н., Финоченко В. А., Веремеенко Б. А. Экспертная система экологического мониторинга железнодорожного транспорта // Вестн. Рост. гос. ин-та путей сообщения. 2012. № 1(45). С. 96–101.
6. Еланский Н. Ф., Голицын Г. С., Власенко Т. С. и др. Летучие органические соединения в приземном воздухе по наблюдениям вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали // Докл. Акад. наук. 2000. Т. 373. № 6. С. 816–821.
7. Еланский Н. Ф., Лаврова О. В., Мохов И. И. и др. Структура острова тепла над городами России по наблюдениям с передвижной лаборатории // Докл. Акад. наук. 2012. Т. 443. № 3. С. 366–371.
8. Панкратова Н. В., Еланский Н. Ф., Беликова И. Б. и др. Озон и окислы азота в приземном воздухе Северной Евразии по наблюдениям в экспериментах TROICA // Изв. Рос. акад. наук. Серия «Физика атмосферы и океана». 2011. Т. 47. № 3. С. 313–328.
9. Финоченко В. А., Финоченко Т. А. Технологии экологического мониторинга на российских железных дорогах // Безопасн. жизнедеят. 2014. № 9 (165). С. 20–24.
10. Official site. Global Methane Initiative. – URL: https://globalmethane.org/documents/events_oilgas_20050914_elanskiy-methane.pdf.
11. Официальный сайт. ОАО «Российские железные дороги». Инновационный дайджест. – URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/environmental_protection/industrial_environmental_control.