

УДК 629.424:621.315.624.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

© 2003 С.В. Коркина,¹ Я.В. Акименко,² В.М. Руцкий,³ П.П. Пурыгин⁴

Исследованы выбросы подвижного состава посредством анализа сборных снеговых проб, отобранных вблизи (2–22 м) железнодорожного полотна в районе пл. Советы Куйбышевской железной дороги. По экспериментальным и расчетным данным получена зависимость концентрации загрязняющих веществ в пробах от расстояния до железнодорожного полотна. Рассчитана средняя интенсивность выбросов загрязнений от подвижного состава. Оценена масса загрязняющих веществ, выпавших на исследуемый участок за различное время экспозиции снежного покрова.

Введение

Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения атмосферы выбросами подвижного состава. Путем измерения параметров загрязнения снега можно получить весьма значительные результаты. При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Загрязнение снежного покрова происходит в два этапа. Во-первых, это загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадение на

¹Коркина Светлана Владимировна, кафедра физики и экологической теплофизики Самарской государственной академии путей сообщения, 443066, г. Самара, пер. Безымянный, 18.

²Акименко Яна Валерьевна, кафедра безопасности перевозок пассажиров и грузов Самарской государственной академии путей сообщения, г. Самара, 443066, пер. Безымянный, 18.

³Руцкий Владимир Михайлович, Уральский государственный университет путей сообщения, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66.

⁴Пурыгин Петр Петрович, кафедра органической химии Самарского государственного университета, 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

местность — так называемое влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом. Во-вторых, это загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязнений из атмосферы, а также их поступление из подстилающих почв и горных пород.

Соотношение сухих и влажных выпадений зависит от ряда факторов, главными из которых являются: длительность холодного периода, в течение которого сохраняется снежный покров, частота снегопадов и их интенсивность, физико-химические свойства загрязняющих веществ.

1. Параметры, характеризующие загрязнение снежного покрова

Основной параметр загрязнения снега — концентрация (мг/л) загрязняющих веществ — определяется путем анализа сборной пробы, отобранной на снегомерном маршруте. Зная значение и средний влагозапас на маршруте, можно рассчитать запас (поверхностную плотность) загрязнений на маршруте Q (кг/м²):

$$Q = 10^{-2} C P. \quad (1)$$

Влагозапас в снеге обычно выражается в мм: один мм эквивалентен массе снега, выраженной в единице кг/м² или 10⁻³ т/км². В [1] приведены средние значения максимальных влагозапасов в снеге (измеренные в период, непосредственно предшествующий снеготаянию), средних квадратичных отклонений и коэффициентов вариации по отдельным регионам СНГ.

Средняя интенсивность выпадений U (т/км²сут) определяется соотношением:

$$U = \frac{Q}{T}, \quad (2)$$

где T — период от установления снежного покрова до момента отбора пробы (сут). Величины C , Q и U характеризуют поле выпадений загрязнений.

Массу загрязняющих веществ M , выпавших на площадь S за время T_0 , можно определить из соотношения:

$$M = T_0 \int_S U(S) dS. \quad (3)$$

2. Методика и условия проведения эксперимента

Отбор проб снежного покрова прост и не требует сложного оборудования. Всего лишь одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от образования устойчивого снежного покрова до отбора пробы. Отбор проб снега производится весовым снегомером. Определение параметров загрязнения производится путем анализа сборной пробы, отобранной на снегомерном участке. Основное требование к этой пробе — ее высокая представительность при минимальной массе, что определяется следующими факторами. Отобранная сборная

проба должна с заданной степенью точности характеризовать среднюю концентрацию загрязнений на исследуемом участке. Это достигается отбором нескольких частных проб в точках. Необходимое число частных проб n , равномерно разнесенных по маршруту, в предположении равноточности и независимости измерений определяется из соотношения [1]:

$$n = \frac{v_i^2}{\varepsilon_i^2},$$

где v_i — коэффициент вариации концентрации i -го ингредиента на маршруте; ε_i — относительная средняя квадратичная ошибка определения среднего значения концентрации i -го ингредиента на маршруте. Авторами [1] установлено, что при исследовании снежного покрова в промышленных районах и окрестностях городов каждая сборная проба должна состоять из 4–6 частных проб.

Отобранная сборная проба должна быть такой массы, чтобы погрешности, связанные с неравномерным распределением примеси в ее объеме, были сведены к минимуму. Для грубой оценки этого объема используется соотношение Чечетта, применяемое обычно для определения массы проб m (кг) при опробовании сыпучих тел:

$$m = k d^2,$$

где d — диаметр частиц максимальной фракции, мм; k — коэффициент, определяющий характер распределения исследуемого загрязняющего вещества.

Далее, объем сборной пробы должен быть таким, чтобы удовлетворить требованиям возможности аналитических измерений загрязняющих веществ. Если обозначить значение нижнего предела чувствительности метода определения i -го ингредиента как a_i , то количество i -го вещества, необходимое для анализа — b_i , определяется соотношением:

$$b_i = a_i v_i,$$

где v_i — объем раствора, представляемого для анализа. Тогда объем пробы для определения концентрации c_{0i} i -го ингредиента на нижнем пределе чувствительности метода измерений определяется как:

$$V_{\min} = \frac{b_i}{c_{0i}}.$$

Проведенный авторами [1] расчет показывает, что для получения достаточно точных результатов химического анализа объем снежной пробы должен составлять 1–3 литра талой воды.

Для оценки значений средней интенсивности выпадений U и массы M загр от подвижного состава вблизи железнодорожного полотна участка со смешанной тягой на перегоне Самара–Кинель (пл. Советы) были отобраны сборные снеговые пробы.

Исследуемый район соответствует IV степени загрязнения атмосферы [2], т.е. может быть приравнен к промышленному району, и объем сборной пробы должен составлять, согласно [1], 1–1,5 литра талой воды.

Сборные снеговые пробы (каждая проба состоит из 5–6 частных проб) отбирались на различных расстояниях от железнодорожного полотна для различного времени экспозиции снежного покрова и величины влагозапаса в снеге.

Химический анализ проб снеговой воды проведен в дорожной производственной экологической лаборатории Куйбышевской железной дороги.

Аликвотную часть пробы снеговой воды, предварительно профильтрованной через бумажный фильтр "белая лента", отобранную мензуркой, помещают в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и выпаривают на водяной бане досуха. Чашку наполняют не менее чем на 3/4 объема. Объем аликвотной части пробы определяется из таблицы:

Таблица

Диапазон концентрации сухого остатка, мг/л	Объем аликвотной части пробы, см ³
От 50 до 500	100
500–1000	50
1000–10000	25

Массовая концентрация сухого остатка в мг/л вычисляется по формуле:

$$x = \frac{(M_1 - M_2) 1000}{V},$$

где M_1 — масса чашки с высушенным остатком, мг; M_2 — масса пустой чашки, мг; V — аликвотная часть пробы, см³. Взвешивание производилось на аналитических весах ВЛР-200г-М второго класса точности.

Концентрация железа в снеговых пробах определена с применением фотометра КФК-3. Аликвотная часть пробы (100см³) выпаривается до 1/3 объема. В выпаренную пробу добавляется 2 мл 20%-ной сульфосалициловой кислоты. Раствор окрашивается в розовый цвет. По интенсивности окраски определяется концентрация железа в исследуемой пробе.

3. Результаты исследований и их обсуждение

Из-за удаленности исследуемого маршрута от промышленных предприятий и стационарных железнодорожных объектов можно допустить, что подвижной состав является единственным источником загрязнения снежного покрова, а также считать, что концентрация загрязняющих веществ, поступающих от подвижного состава, значительно превышает влажные выпадения загрязнений со снегом.

По результатам химического анализа снеговых проб получена зависимость (рис. 1) концентрации взвешенных веществ в пробах от расстояния до передвижного источника загрязнений (подвижного состава).

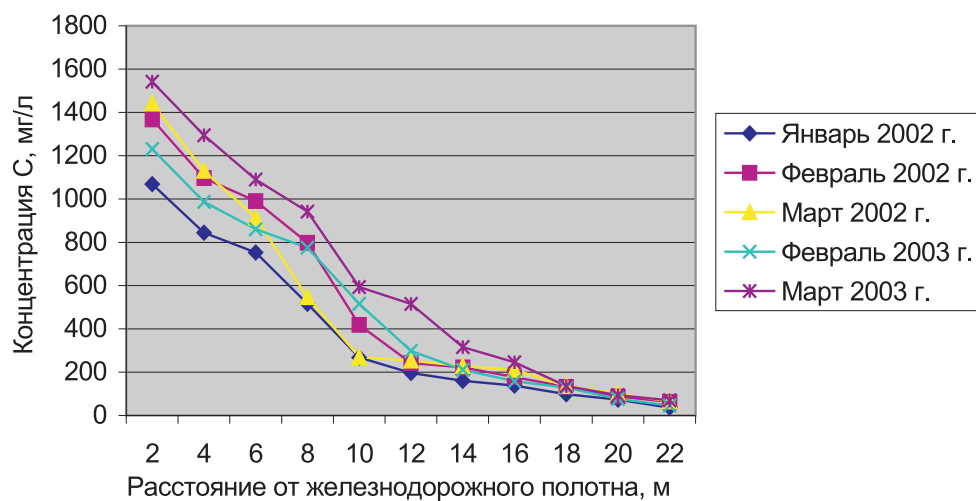


Рис. 1

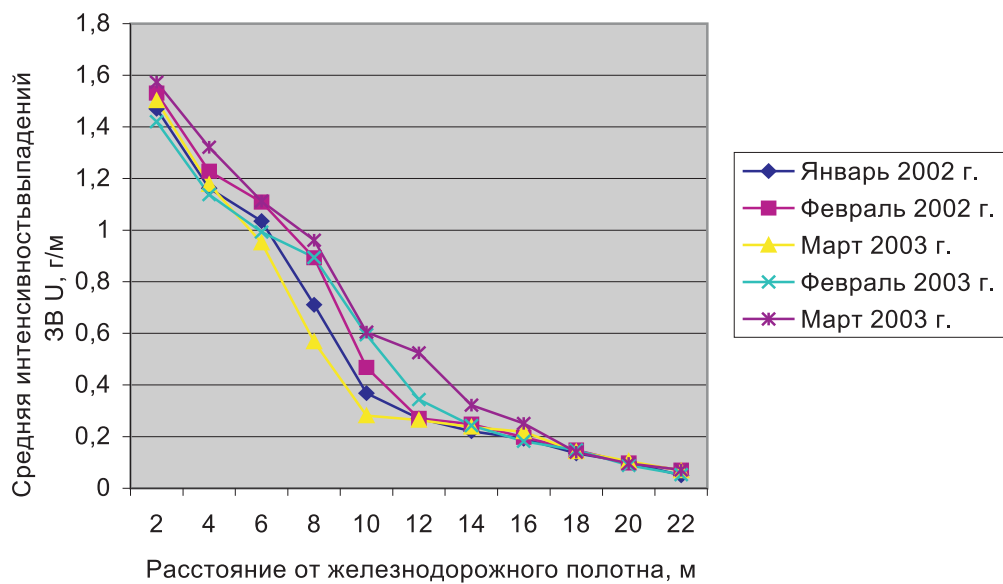


Рис. 2

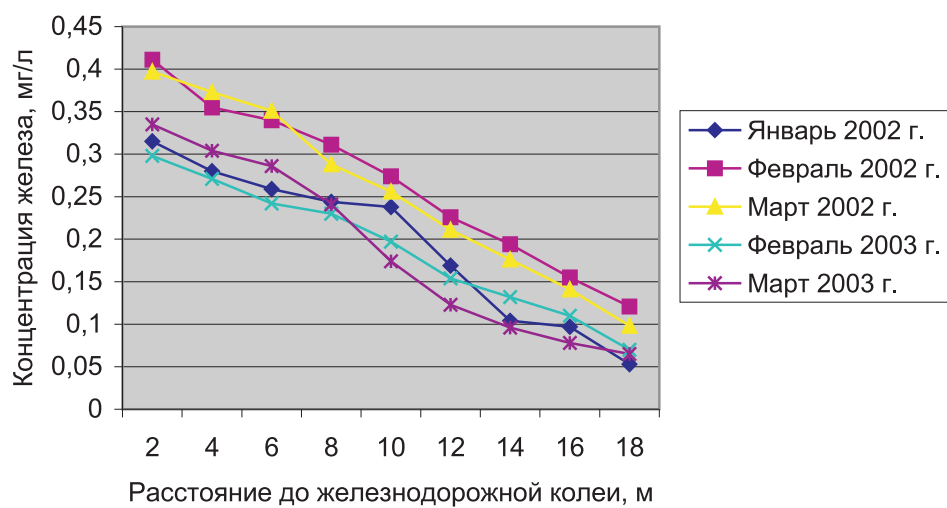


Рис. 3

По результатам расчета по формулам (1) и (2) получена зависимость средней интенсивности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу подвижным составом от расстояния до источника (рис. 2).

Особый интерес представляет загрязнение атмосферы продуктами истирания металлических узлов подвижного состава и контактной сети. Металлическая пыль, осаждаясь на поверхность изоляторов контактной сети, создает слой загрязнения, при увлажнении которого атмосферной влагой происходит перекрытие изоляции. Поэтому представляется целесообразной оценка интенсивности загрязнения снежного покрова как индикатора загрязнения атмосферы соединениями железа.

По результатам качественного анализа сборных снеговых проб получена зависимость концентрации железа в снеге от расстояния до источника (рис. 3).

Качественный анализ сухого осадка после выпаривания снеговых проб показал также наличие в снеге сажи, окислов металлов: свинца, цинка, натрия, алюминия, кремния, меди, хрома.

Используя формулу (3) и полученные экспериментальные и расчетные данные, можно оценить масштаб загрязнения атмосферы выбросами подвижного состава. Так за время экспозиции снежного покрова в течение 40 суток на исследуемую площадь поверхности (220 м^2) выпадает порядка 3 кг загрязняющих веществ.

Заключение

Полученные экспериментальные данные представляют интерес при оценке мощности выбросов передвижного источника загрязнения атмосферы — подвижного состава железнодорожного транспорта с точки зрения влияния на работу наружной изоляции контактной сети. Приведенные в работе экспериментальные и расчетные зависимости могут быть использованы для разработки и теоретических исследований математической модели рассеивания загрязняющих веществ от передвижных источников загрязнения атмосферы.

Литература

- [1] Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 184 с.
- [2] Инструктивные указания по регулировке контактной сети МПС ЦЭЭ-2. М.: Трансиздат 1998. 128 с.

Поступила в редакцию 19/IX/2003;
в окончательном варианте — 19/IX/2003.

INVESTIGATION OF RAILWAY ROLLING STOCK EXHAUSTS BY SNOW PROBES

© 2003 S.V. Korkina⁵ Y.V. Akimenko⁶ V.M. Rutskiy⁷ P.P. Purygin⁸

In the paper results of investigation of railway rolling stock exhausts obtained by snow probes taken in the right-of-way of railway track at the Sovety station of the Kuibyshev Railway are presented.

Paper received 19/*IX*/2003;

Paper accepted 19/*IX*/2003.

⁵Korkina Svetlana Vladimirovna, Dept. of General and Theoretical Physics, Samara State Academy of Railway Communication, Samara, 443066, Russia.

⁶Akimenko Yana Valerievna, Dept. of Passenger and Cargo Transportation Safety, Samara State Academy of Railway Communication, Samara, 443066, Russia.

⁷Rutskiy Vladimir Michailovich, Ural State Railway University, Ekaterinburg, 620034, Russia.

⁸Purygin Pyotr Petrovich, Dept. of Organic Chemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.