

ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ПОЛОСЫ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

© 2006 И.В. Казанцев,¹ Ю.П. Зарубин, П.П. Пурыгин²

В данной работе затрагиваются вопросы влияния подвижного состава железнодорожного транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода железных дорог. Выявлена роль лесных придорожных насаждений на распространение тяжелых металлов в сторону от железнодорожного полотна.

Введение

Загрязнение почв тяжелыми металлами на железной дороге имеет разные источники [1, 2]: разлив или рассыпание при авариях и транспортировке; продукты сгорания топлива тепловозов; применение ядохимикатов для борьбы с растениями и т. д.

Распределение тяжелых металлов по поверхности почвы определяется многими факторами [3]: особенностями источников загрязнения, метеорологическими особенностями региона, геохимическими факторами и ландшафтной обстановкой в целом.

К тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой более 40 [4]. Не все тяжелые металлы токсичны, т. к. в эту группу входят: Cu, Zn, Mo, Co, Mn, получившие название микроэлементов и имеющие важное биологическое значение в жизни животных, растений и микроорганизмов. Поэтому микроэлементы и тяжелые металлы — понятия, которые относятся к одним и тем же элементам, основанные скорее на их содержании в объектах окружающей среды. Справедливо использовать понятие "тяжелые металлы", когда речь идет об опасных для живых организмов концентрациях [4, 5], и говорить о нем же как о микроэlemente тогда, когда

¹Казанцев Иван Викторович, кафедра безопасности перевозок пассажиров и грузов Самарской государственной академии путей сообщения, 443066, г. Самара, пер. Безымянный, 18.

²Зарубин Юрий Павлович, Пурыгин Петр Петрович, кафедра органической химии Самарского государственного университета, 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

он находится в почве, воде, растениях и организмах в малых концентрациях.

В исследованиях экологов и биогеохимиков [4, 6, 7] чаще всего рассматриваются Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Hg, Pb, реже — Ti, V, Mn, Fe, Sr, As и другие элементы. Опасными являются высокие концентрации тяжелых металлов в почве, их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти металлы очень медленно выводятся, накапливаясь, главным образом, в почках и печени [8]. Они поступают в организм человека и сельскохозяйственных животных в основном с растительной пищей, воздухом, водой. В связи с тем, что вблизи железнодорожного полотна нередко располагаются сельскохозяйственные угодья, иногда вплотную, то данная проблема стоит достаточно остро.

Техногенное поступление тяжелых металлов в биосферу связано с разнообразными источниками [1, 2, 4, 9], однако в настоящее время отмечается высокий рост поступления тяжелых металлов от подвижного состава железных дорог. Это связано с увеличением числа грузоперевозок, использованием устаревших в экологическом плане транспортных средств.

1. Методика и условия проведения эксперимента

Исследования на характер распространения тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода железных дорог проводились на базе Куйбышевской железной дороги участка Тургеневка–Георгиевка и Южно-Уральской железной дороги участка Заливная–Колтубанка.

Изучение степени загрязненности отводов железных дорог мы начали с выявления основных факторов почвообразования в данном районе, а именно: рельефа, климата, грунтовых вод и растительности. При изучении обращали внимание на почвообразующие и подстилающие породы. Почвенный покров участка изучали методами почвенного профилирования и химического анализа. Отбор почвенных и растительных образцов, подготовку их к элементному анализу проводили по общепринятым методикам. Для количественного определения содержания тяжелых металлов (Ti, Mn, Fe, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, V) в почвах и растениях использовали ядерно-физический метод элементного анализа по характеристическому рентгеновскому излучению. Результаты исследования обрабатывали с использованием табличного процессора MS Excel.

2. Результаты и их обсуждение

Из всех почвенных разрезов образцы для элементного анализа отбирали в основном горизонте А. Отбор проб проводился на расстоянии 20 м и 90 м от головки рельса. Почвенные образцы суммировались. Общее количество взятых образцов равняется 76. Характер распространения тяжелых

Таблица 1

**Среднее содержание тяжелых металлов в почвах полосы отводов
железных дорог, мг/кг**

Элемент	Тургеневка–Георгиевка		Заливная–Колтубанка	
	20 м (n=18)	90 м (n=18)	20 м (n=20)	90 м (n=20)
Ti	4825.2	4814.6	4722.1	4612.3
Mn	692.3	689.4	433.3	428.6
Fe	42056.3	39028.8	43028.5	39012.7
Cr	152.6	149.9	101.6	98.6
Co	20.6	20.4	7.2	6.8
Ni	41.1	40.8	27.3	26.5
Cu	39.6	38.2	45.6	42.8
Zn	58.2	57.9	58.6	56.6
Pb	9.8	9.4	11.6	8.6
V	78.1	77.6	76.1	75.8

металлов представлен в табл. 1. Анализ вариационных рядов показал, что содержание тяжелых металлов в почвах отводов железных дорог заметно отличается от фонового содержания этих элементов.

Сравнивая содержание тяжелых металлов в почвах отводов железных дорог и их фоновых концентраций [10] в данных районах, можно выявить следующие особенности. Наиболее сильно загрязнены почвы Fe, Pb, Cu, Zn, Cr. Подвижной состав практически не оказывает влияния на характер распределения Ni, Ti, Mn, V. Сравнивая влияние электрифицированных и неэлектрифицированных железных дорог на содержание тяжелых металлов в почвах, можно сказать, что неэлектрифицированные дороги (Заливная–Колтубанка) поставляют в 1,5–2 раза больше тяжелых металлов, чем электрифицированные.

По полученным результатам можно построить следующий вариационный ряд влияния подвижного состава железных дорог на содержание тяжелых металлов в почвах: $C(\text{Fe}) > C(\text{Pb}) > C(\text{Cu}) > C(\text{Zn}) > C(\text{Cr}) > C(\text{Ni}) > C(\text{Ti}) > C(\text{Co}) > C(\text{Mn}) > C(\text{V})$. Для оценки загрязнения почв химическими веществами нами был произведен расчет показателей загрязнения (Z_c), на основании общепринятой методики [4], согласно которой показатели загрязнения рассчитываются по формуле:

$$Z_c = C_{\text{fact}}/C_{\text{fon}}$$

В этой формуле C_{fact} — концентрация элемента в изучаемых почвах, C_{fon} — региональный фон. Таким образом, анализ полученных данных показал что если на расстоянии 20–30 м от полотна дороги располагается лесной массив, то Z_c почвы на расстоянии 0–20 м от головки рельса более 2, на расстоянии 20–90 м равен 2, свыше 90 м — менее 2 (рис. 1), там же, где полотно проходит по степным участкам, Z_c более 2 может проследиваться на расстоянии до 90–100 м (рис. 2).

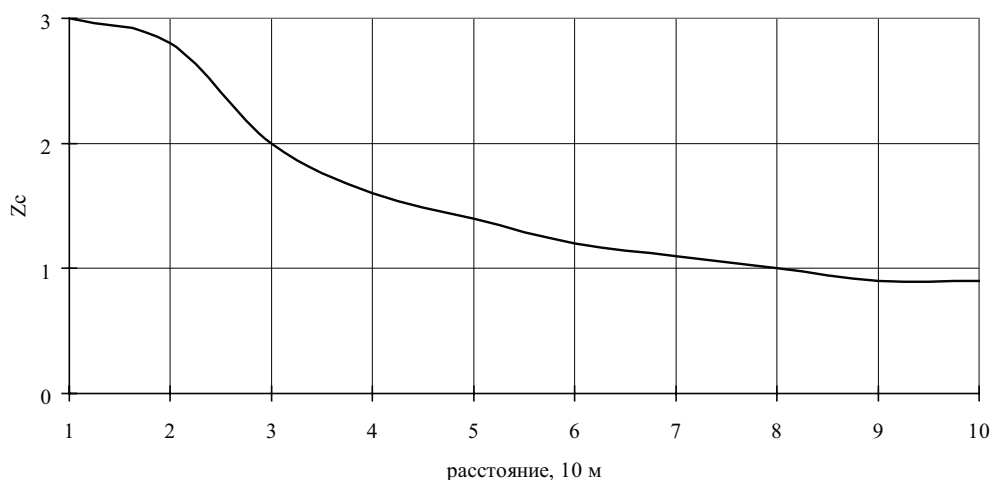


Рис. 1. График изменения концентраций тяжелых металлов в почвах с удалением от полотна в лесном массиве

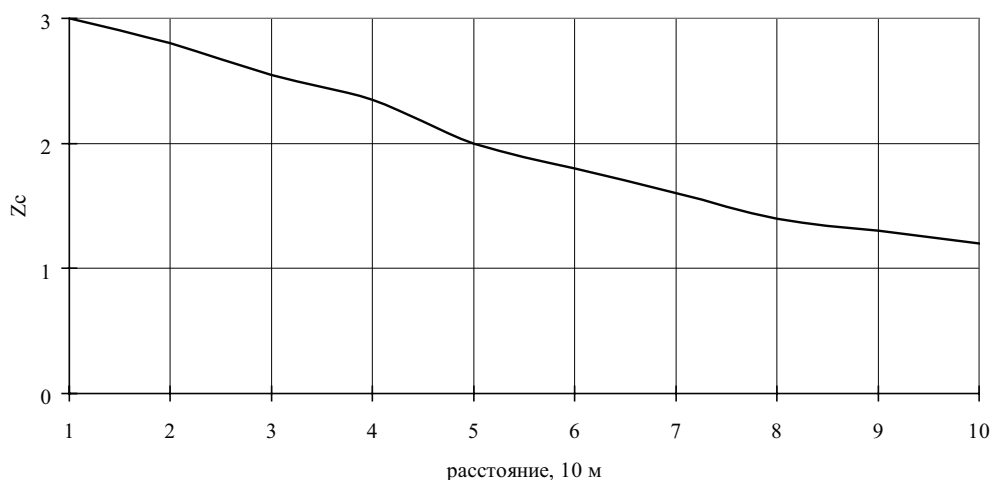


Рис. 2. График изменения концентраций тяжелых металлов в почвах с удалением от полотна на степном участке

Проведенные исследования доказывают необходимость наличия лесных насаждений между железнодорожным полотном и сельскохозяйственными угодьями для их защиты от загрязнения тяжелыми металлами.

Растительный покров участков разнообразен: на Кинельском направлении биоценоз представлен травянистыми и кустарниковыми сообществами, а в направлении Колтубанки вдоль железнодорожного полотна произрастает лес. В связи с отличительными особенностями в растительном покрове исследуемых участков отмечено, что распространение загрязнителей в первом случае происходит на более дальние расстояния, чем во втором.

Основываясь на наших исследованиях и литературных данных, мы пришли к выводу, что почва как основа экотопа в значительной мере опре-

деляет элементный химический состав произрастающих на ней растений. В связи с тем, что тяжелые металлы наиболее токсичны из всех химических элементов, то нами было принято решение исследовать ряд растений полосы отвода на содержание в них тяжелых металлов. При исследовании преимущественно отбирались дикорастущие растения, однако наибольший интерес представляют культурные растения, которые могут быть употреблены в пищу. Поэтому изучение содержания тяжелых металлов в культурных растениях, нередко произрастающих в полосе отвода, нами продолжается.

Для определения влияния железнодорожного транспорта на растения нами были отобраны 5 видов древесных и кустарниковых, а также 5 видов травянистых растений. Анализ содержания проводился по Fe, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Ti, Co, Mn, V. Характеристика содержания тяжелых металлов в надземной фитомассе данных растений приведена в табл. 2. Характеристи-

Таблица 2

Среднее содержание Fe, Pb, Cu, Zn, Cr в надземной фитомассе растений полосы отвода железных дорог, мг/кг воздушно-сухого вещества

Вид	<i>n</i>	Fe	Pb	Cu	Zn	Cr
Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	3	310.5	0.82	26.09	43.56	0.78
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	5	162.3	0.82	7.41	29.86	4.28
Осина (<i>Populus tremula</i> L.)	4	86.96	0.85	22.11	72.44	24.11
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	2	186.4	0.52	17.02	20.08	10.99
Вяз мелколистный (<i>Ulmus pumila</i> L.)	3	131.3	0.34	25.41	49.17	15.65
Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	3	552.1	0.92	28.6	38.16	4.78
Полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgaris</i> L.)	2	314.7	1.11	25.41	29.18	7.26
Чистотел большой (<i>Chelidonium majus</i> L.)	2	248.6	1.12	41,26	44,18	8,56
Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i> L.)	3	228,6	1,18	38,61	25,19	6,23
Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.)	2	382,8	0,78	25,44	28,19	0,98

ка содержания тяжелых металлов надземной фитомассы данных растений приведена в таблицах 2 и 3.

Анализ проб показал, что подвижной состав оказывает влияние на содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе растений. Наибольшее влияние на растения оказывает Fe, Pb, Cu, что связано с наибольшим содержанием этих элементов по сравнению с почвами за пределами отводов.

Таблица 3

**Среднее содержание Ni, Ti, Co, Mn, V в надземной фитомассе
растений в полосе отвода железных дорог, мг/кг
воздушно-сухого вещества**

Вид	<i>n</i>	Ni	Ti	Co	Mn	V
Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	3	3,02	10,25	3,48	83,08	37,05
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	5	3,95	73,16	0,68	64,38	0,78
Осина (<i>Populus tremula</i> L.)	4	7,23	92,08	3,65	181,16	32,16
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	2	4,02	32,71	1,09	168,12	16,99
Вяз мелколистный (<i>Ulmus pumila</i> L.)	3	5,72	24,38	4,48	102,11	32,63
Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	3	8,56	6,01	15,62	137,02	11,33
Полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgaris</i> L.)	2	7,23	3,26	12,83	98,9	15,23
Чистотел большой (<i>Chelidonium majus</i> L.)	2	5,26	56,80	16,56	192,40	4,28
Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i> L.)	3	3,99	5,09	9,23	126,10	15,26
Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.)	2	5,12	5,72	15,26	121,3	23,16

Причем при исследовании было выявлено, что содержание тяжелых металлов вблизи железнодорожного полотна и на окраине отвода железной дороги варьирует в пределах от 0.01 до 12.05 мг/кг сухого вещества растений от полотна в сторону. Сравнивая полученные результаты с результатами других исследователей [12, 13] мы пришли к выводу, что колебания содержания тяжелых металлов в растениях отводов железных дорог находятся в норме, только содержание Fe и Cu немного превышает ПДК.

Таким образом, придорожные защитные лесные насаждения являются наиболее эффективным природным средством ограничения распространения почвенного загрязнения [14]. Внутри плотной путевой опушки содержание загрязнителей резко возрастает и снижается по мере передвижения по насаждению в направлении от пути в сторону поля. В целом проникновение загрязнителей внутрь непосредственного насаждения не распространяется далее 50–110 м. Зона опасных уровней загрязнения чаще всего обрывается довольно резко уже в путевой опушечной части насаждения. Уровень содержания токсикантов здесь может снижаться в несколько раз на расстоянии 15–20 м от зоны максимального загрязнения. Примерно такое же распространение загрязнения по ширине насаждения просматривается и в случаях приноса ветром токсикантов от нежелезнодорожных предприятий-

загрязнителей, лишь с той разницей, что максимальное загрязнение отмечается не с путевой, а с полевой опушки насаждения. Можно считать, что придорожные насаждения в 1.5–3 раза снижают накопления различных загрязнителей и в 3–6 раз — общую ширину зоны опасного загрязнения по сравнению с участками пути, не огражденными посадками [14, 15].

Снижение уровня загрязнения земель, прилегающих к пути, определяется уменьшением скорости в зоне движения поездов и интенсивности пыления перевозимых грузов под защитой лесных полос.

Заключение

Проведенные нами исследования дают картину загрязнения почв и растений тяжелыми металлами в отводах железных дорог. Экспериментальные данные представляют интерес в плане оценки влияния подвижного состава железнодорожного транспорта на почвы и растительность. Приведенные в работе экспериментальные и расчетные данные могут быть использованы для разработки и теоретических исследований математической модели рассеивания загрязняющих веществ от передвижных источников загрязнения окружающей среды. Практическое значение данной работы заключается в целесообразности создания лесопосадок вдоль железнодорожного полотна, так как они в значительной степени снижают распространение загрязняющих веществ от подвижного состава железных дорог.

Литература

- [1] Крутякова, В.С. Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и транспортном строительстве / В.С. Крутякова. — М.: Транспорт, 1993. — 352 с.
- [2] Зубрев, Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н.И. Зубрев. — М.: УМК МПС России, 1999. — 592 с.
- [3] Дмитриев, М.Т. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / М.Т. Дмитриев, Н.И. Казнина, Г.А. Клименко. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 95 с.
- [4] Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
- [5] Аммосова, Я.М. Охрана почв от химических загрязнений / Я.М. Аммосова, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. — М.: Изд-во МГУ, 1989. 96 с.
- [6] Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. — М.: Наука, 1990. — 142 с.
- [7] Большаков В.А., Гальпер Н.Я., Клименко Г.А., Лычкина Т.И. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. — М.: Гидрометеоиздат, 1978. — 49 с.
- [8] Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 151 с.

- [9] Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1980. 112 с.
- [10] Прохорова, Н.В. Распределение тяжелых металлов в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья (на примере Самарской области) / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев. – Самара: Изд-во "Самарский университет", 1996. – 386 с.
- [11] Биогеохимические основы экологического нормирования. – М.: Наука, 1993. – 266 с.
- [12] Матвеев, Н.М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.М. Матвеев, В.А. Павловский, Н.В. Прохорова. – Самара: Изд-во "Самарский университет", 1997. – 220 с.
- [13] Прохорова, Н.В. Особенности накопления тяжелых металлов древесными и кустарниковыми растениями лесостепного и степного Поволжья / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев // 10 лет Государственному комитету по охране окружающей среды Самарской области: Итоги научных исследований, природоохранные технологии. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Самара, 1998. – Вып. 6. – С. 56–64.
- [14] Казанцев, И.В. Влияние лесных насаждений вблизи железнодорожного полотна на почвы / И.В. Казанцев, П.П. Пурыгин // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта. Материалы 2 международной конференции. Самара, 2005. – С. 303–304.
- [15] Казанцев, И.В. К вопросу о содержании тяжелых металлов в отводах железных дорог / И.В. Казанцев, П.П. Пурыгин // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта. Материалы 3 международной конференции. – Самара, 2006. – С. 258–260.

Поступила в редакцию 26/XII/2006;

Paper received 26/XII/2006.

в окончательном варианте — 26/XII/2006.

Paper accepted 26/XII/2006.

THE EFFECT OF ROLLING STOCKS ON HEAVY METALS CONCENTRATION IN SOILS AND PLANTS RIGHT OF A RAILWAY

© 2006 I.V. Kazantsev,³ Y.P. Zarubin, P.P. Purygin⁴

In the paper the effect of rolling stocks on heavy metals concentration in soils and plants right of railway is studied. The role of forests in distribution of heavy metals from a permanent way is showed.

³Ivan Viktorovich Kazantsev, Dept. of Passenger and Cargo Transportation Safety, Samara State Academy of Railway Communications, Samara, 443066, Russia.

⁴Yury Pavlovich Zarubin, Pyotr Petrovich Purygin, Dept. of Organic Chemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.