

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТЕ ПРИДОРОЖНЫХ ЗОН

Коровина Е.В., Иванова Л.А., Лебедева Ю.А., Фролова О.В.

ГОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск,

e-mail: korovina.e.v@yandex.ru

Вклад автотранспорта в эмиссию загрязняющих веществ на территории городов России увеличивается с каждым годом. Это приводит к увеличению загрязнения воздушной среды, изменению физико-химических свойств почвогрунтов, их переуплотнению, загрязнению поллютантами, в частности тяжелыми металлами, что вызывает повышение их фитотоксичности. В ходе исследования проведена оценка химического состава и изучены сезонные изменения концентрации тяжелых металлов верхнего слоя почвогрунта придорожных зон, а также распространение тяжелых металлов в зависимости от различных вариантов городской застройки.

Ключевые слова: тяжелые металлы, аккумуляция, распространение, почвогрунт, придорожные зоны

THE BASIC LAWS OF ACCUMULATION AND TRANSFORMATION OF HEAVY METALS IN SOILS WAYSIDE AREA

Korovina E.V., Ivanova L.A., Lebedeva Y.A., Frolova, O.V.

Ulyanovsk state university, Ulyanovsk, e-mail: korovina.e.v@yandex.ru

The contribution of automobile transport in the emission of polluting substances on the territory of cities of Russia increases every year. This leads to an increase in air pollution, change of physico-chemical properties of soil, their compaction, contamination of pollutants, in particular heavy metals, which causes an increase in their and phytotoxicity are given. There are an assessment of the chemical composition and investigated the seasonal changes in concentrations of heavy metals, the top layer of soils of roadside areas in this article. As well as the spread of heavy metals depending on the different options of urban development.

Keywords: heavy metals, accumulation, distribution, soil, roadside areas

С середины 90-х годов XX века основным источником загрязнения окружающей среды г. Ульяновска стал автомобильный транспорт [2]. Его вклад в эмиссию загрязняющих веществ на территории города увеличивается с каждым годом. Особенно ярко это проявляется в настоящее время на фоне снижения уровня производства. Основная масса загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах автотранспорта, оседает в непосредственной близости от дорожного полотна. На распространение остальной части загрязнения оказывают свое влияние рельеф местности, направление ветра, тип почвогрунта, растительный покров, наличие лесозащитных полос.

Материалы и методы исследования

Исследования интенсивности движения автотранспортных потоков на территории г. Ульяновска проводили в разные сезоны года, в рабочие и выходные дни 3 раза в день [4]. Всего было обследовано 2342 улицы города, которые были разделены на 6324 перегона (перегон – расстояние между центрами соседних перекрестков).

Оценку химического состава верхнего слоя почвогрунтов, прилегающих к дорожному полотну, осуществляли определением содержания валовых и подвижных форм ТМ, сопоставлением значений подвижной формы со значениями ПДК, т.к. именно она наиболее доступна для поглощения растительным покровом, оказывает существенное влияние на развитие зеленых насаждений.

Для оценки геохимического состава верхнего слоя почвогрунтов придорожной зоны образцы отбирали согласно ГОСТ 17.4.4.02–84. Места отбора проб определяли согласно Методическим указаниям 2.1.7.730–99. Пробные площадки закладывали в придорожной полосе наиболее типичных транспортных перегонов с учетом рельефа, метеорологических, гидрологических условий местности. Данные площадки располагали в местах подсчета интенсивности движения автотранспорта, приблизительно в середине изучаемого перегона. Отбор образцов почвогрунта производили в мае, июле, октябре в придорожных зонах тех же перегонов, на которых исследовали интенсивности движения автотранспортных средств. Отбор проб производился с обеих сторон от дороги на расстоянии 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 м от дорожного полотна. На каждом из расстояний определяли 3 точки отбора проб, находящиеся на расстоянии 3–4 м между собой. Одна смешанная проба составлялась из 5 точечных, отобранных с глубины 0–15 см общим весом 400 гр. Образцы почвогрунта отбирались буром Малькова. Всего было отобрано 974 образца верхнего слоя почвогрунта. В качестве контроля использовались образцы почвы, отобранные на территории Винновской рощи.

Значение pH определяли с помощью иономера ЭВ-74, количество углерода в почвогрунте устанавливали объемным хромовым методом И.В. Тюрина. Определение содержания валовых форм ТМ проводили по стандартным методикам на атомно-адсорбционном спектрофотометре С-115-М1. Подвижную форму ТМ извлекали из почвогрунта аммонийно-ацетатным буферным раствором с pH 4,8, ее количественное определение осуществляли атомно-адсорбционной спектроскопией.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Интенсивность движения автотранспорта по дорогам города весьма разнообразна. В зависимости от измеренной средней интенсивности движения автотранспортных средств все перегоны на территории г. Ульяновска можно разделить на 5 категорий (табл. 1).

Таблица 1
Классификация транспортных перегонов г. Ульяновска

Категория перегона	Название перегона по интенсивности	Кол-во авт./час	Кол-во перегонов
V	Крайне низкая	< 50	2087
IV	Низкая	50-500	1871
III	Умеренная	500-1300	1348
II	Высокая	1300-2500	976
I	Крайне высокая	2500-4000	42

Большая часть транспортных перегонов на территории г. Ульяновска относится к V, IV, III категориям, т.е. к перегонам с крайне низкой, низкой и умеренной интенсивностью движения. На их долю приходится около 84% всего количества транспортных перегонов. Данные перегоны, как правило, расположены внутри районов и в составе транспортных потоков, проходящих по ним, отсутствуют транзитные транспортные средства. Лишь 16% составляют перегоны с высокой и крайне высокой интенсивностью движения, которые и представляют наибольшую экологическую опасность для окружающей среды. Данные перегоны относятся к дорогам республиканского и об-

ластного значения, кроме этого, улицы, состоящие из перегонов I, II категории, расположены в промышленно-административных кварталах и центре города.

Для г. Ульяновска характерно варьирование интенсивности автотранспортных средств от 3 до 3943 авт./ч в зависимости от расположения и назначения перегонов, составляющих автомагистраль города. На значительной части перегонов была отмечена интенсивность движения до 1294 авт./ч и лишь для 1/6 части всех транспортных перегонов была отмечена высокая и крайне высокая интенсивность движения с варьированием значений от 1311 до 3943 авт./ч.

Значительные эмиссии ТМ, поступающие от автотранспорта (Pb, Cu, Ni (выхлопные газы); Cu, Ni, Zn (частицы истирающихся деталей машин); Zn, Cd (пластмассы и краска); Zn (автопокрышки)) в почвогрунт, приводят к их аккумуляции в придорожной зоне, трансформации и дальнейшей миграции по пищевым цепям.

Для всех категорий перегонов установлено значительное превышение фоновых значений и ПДК подвижной формы по всем изучаемым ТМ (табл. 2). Наибольшее превышение ПДК зафиксировано для Cu и оно составило 5,09–19,11 раза. Концентрация Ni, Zn и Pb превышает допустимую норму в 1,17–8,79 раза. Превышение ПДК Cd на перегонах с высокой и крайне высокой интенсивностью движения составляет 1,38–2,46 раза. На перегонах с интенсивностью движения автотранспортных средств менее 1300 авт./ч превышение ПДК подвижной формы для Cd зафиксировано не было.

Таблица 2
Содержание подвижной формы ТМ в верхнем слое почвогрунта придорожных зон (мг/кг)

Категории перегонов		I	II	III	IV	V	Сф.	ПДК п.ф.
Cu	B	239 ± 4	181 ± 3	166 ± 3	97 ± 2	77 ± 2	15–20	3
	П	57 ± 1	41 ± 1	35 ± 1	20 ± 2	15 ± 1		
	Kc	11,97	9,06	8,33	4,86	3,89		
Zn	B	519 ± 5	391 ± 4	349 ± 5	289 ± 4	276 ± 4	18–30	23
	П	136 ± 3	95 ± 2	79 ± 3	62 ± 3	61 ± 3		
	Kc	17,34	13,02	11,66	9,46	9,12		
Ni	B	135 ± 5	105 ± 5	82 ± 3	54 ± 4	23 ± 1	12–20	4
	П	35 ± 1	26 ± 1	20 ± 2	12 ± 1	5 ± 1		
	Kc	6,75	5,25	4,13	2,71	1,17		
Cd	B	4 ± 0,6	3 ± 0,4	2,5 ± 0,6	2 ± 0,4	1 ± 0,3	3–5	0,5
	П	1,3 ± 0,3	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,1		
	Kc	1,56	0,9	0,89	0,88	0,35		
Pb	B	65 ± 2	61 ± 1	52 ± 1	36 ± 1	27 ± 1	10–15	6
	П	20 ± 1	17 ± 1	14 ± 1	9 ± 1	6 ± 1		
	Kc	5,42	5,05	4,35	2,96	2,25		
Zc		39,04	29,28	25,36	16,87	12,78		

Примечания:

B – валовая форма ТМ; П – подвижная форма ТМ; K_c – коэффициент концентрации ТМ; Z_c – суммарный показатель концентрации ТМ, Сф. – фоновое содержание ТМ.

В соответствии с СанПиН 2.1.7.1287–03 по всем изучаемым ТМ загрязнение почвогрунта придорожных зон относится к умеренному уровню загрязнения. Исключение составил лишь перегон Димитровградского шоссе при въезде на мост через р. Волгу. По обе стороны от этого перегона расположены автозаправки, вдоль дорожного полотна находятся отстойники для грузового транспорта, который не допускается на территорию центральной части города в дневное время из-за высокой загруженности автотрасс и высокого уровня загрязнения воздушной среды города. Для этого транспортного перегона характерно одно из самых высоких значений интенсивности движения автотранспортных средств, которое в «часы-пик» достигает 3943 авт./ч. Из-за низкой пропускной способности моста через р. Волгу на данном участке постоянно образуются заторы. Все эти факторы способствуют увеличению техногенной нагрузки на данном перегоне и приводят к дополнительному загрязнению этого участка Димитровградского шоссе. Этот перегон по загрязнению Cd относится к среднему уровню загрязнения.

В соответствии с ориентировочной шкалой опасности загрязнения почв [3] перегоны с интенсивностью движения более 1500 авт./ч относятся к опасным ($32 < Z_c < 128$), к умеренно опасным можно отнести перегоны с интенсивностью более 180 авт./ч, перегоны же с крайне низкой интенсивностью движения характеризуются допустимым уровнем загрязнения ($Z_c < 16$). Достоверно установлено, что концентрация ТМ в почвогрунте придорожных зон зависит от категории перегона, т.е. от интенсивности движения автотранспортных средств.

Проведение однофакторного дисперсионного анализа позволило установить, что содержание ТМ в верхнем слое почвогрунта придорожных зон зависит от сезона года. Максимальные значения концентраций для всех ТМ наблюдаются в весенний период, что объясняется повышенной подвижностью ТМ в верхнем слое почвогрунта из-за большего снижения значений рН. В летний сезон содержание ТМ уменьшается вследствие активного их поглощения растениями и незначительным снижением техногенной нагрузки со стороны автодорожной геотехнической системы. К осени значения концентрации подвижной формы ТМ вновь возрастают из-за вторичного загрязнения верхнего слоя почвогрунта ТМ, содержащимися в листовном опаде, изменения кислотности, обусловленного осадками в виде дождя и мокрого снега, увеличения интенсивности автотранспортных средств.

Одним из наиболее опасных ТМ является Cd. До принятия решения о запрете использования Cd в производстве шин, он попадал в почвогрунт придорожных зон при их истирании. В настоящее время Cd не используется при вулканизации шин, но экологическая ситуация по данному металлу в г. Ульяновске остается еще достаточно напряженной.

Несмотря на то, что Ni, Cu и Zn содержатся в выбросах автотранспорта в минимальных количествах и основная их масса поступает в экосистему придорожной полосы в результате истирания шин и износа различных деталей, именно на их долю приходится основной вклад в изменение геохимического состава верхнего слоя почвогрунтов придорожных зон.

Незначительное превышение ПДК Pb связано с запретом с конца 90-х годов на использование этилированных бензинов, что во многом улучшило экологическую ситуацию.

Выявлена положительная корреляция между концентрацией ТМ в почвогрунте придорожных зон и категорией транспортного перегона, т.е. интенсивностью движения автотранспортных средств и массой выброса загрязняющих веществ.

Содержание ТМ в почвогрунте при прочих равных условиях зависит от величины техногенной нагрузки на изучаемую территорию, рН среды, содержания в ней углерода, а этих характеристики, как было доказано ранее, подвержены сезонным изменениям. Поэтому в ходе исследования было высказано предположение, что концентрации ТМ в верхнем слое почвогрунта также подвержены сезонному варьированию. Сравнительный анализ проб почвогрунта в разные сезоны года показал, что содержание ТМ в верхнем слое почвогрунта придорожных зон неодинаково и меняется в течение года (рис. 1).

Была выявлена следующая зависимость в содержании подвижных форм ТМ в почвогрунте придорожных зон. Максимальные значения концентраций для всех ТМ наблюдаются в весенний период, что объясняется повышенной подвижностью ТМ в верхнем слое почвогрунта из-за высокого содержания углерода и снижения значений рН, причиной которого является повышенная влажность в этот период года. В летний сезон содержание ТМ уменьшается вследствие активного их поглощения растениями и незначительным снижением техногенной нагрузки со стороны автодорожной геотехнической системы. К осени значения концентрации подвижной формы ТМ вновь возрастают. Причинами увеличения содер-

жания ТМ являются вторичное загрязнение верхнего слоя почвогрунта ТМ, содержащимися в листовенном опаде; изменение значений рН почвогрунта, обусловленное осадками в виде дождя и мокрого снега, характерными для этого периода; некоторое

увеличение содержания углерода в почве. Кроме этого, причиной увеличения содержания ТМ в почвогрунте придорожных зон является увеличение интенсивности автотранспортных потоков на перегонах дорог г. Ульяновска в осенний период.

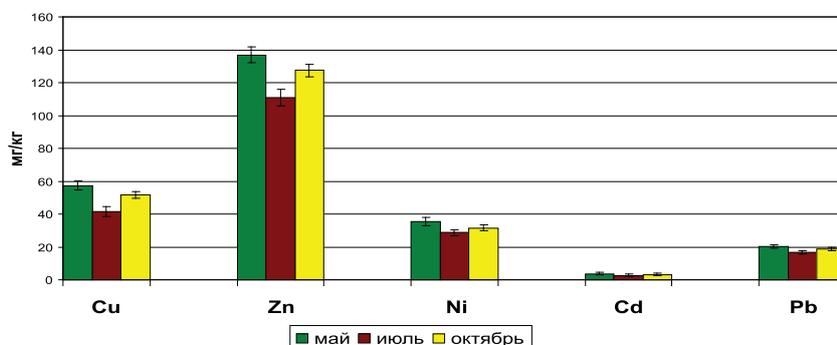


Рис. 1. Динамика содержания ТМ по сезонам

В верхнем слое почвогрунта ТМ не только накапливаются, оказывая негативное влияние на произрастание и дальнейшее развитие растительности, но и мигрируют, загрязняя большие территории. Для объективной оценки загрязнения верхнего слоя почвогрунта необходимо не только определять общее содержание ТМ, но и изучать закономерности распределения ТМ

в почвогрунте с удалением от источника загрязнения.

Отбор и анализ проб почвогрунта на различных расстояниях от дороги позволил выявить некоторые закономерности в миграции ТМ. Было установлено, что для городской застройки Ульяновска характерны 3 варианта распространения ТМ с удалением от дорожного полотна (рис. 2).

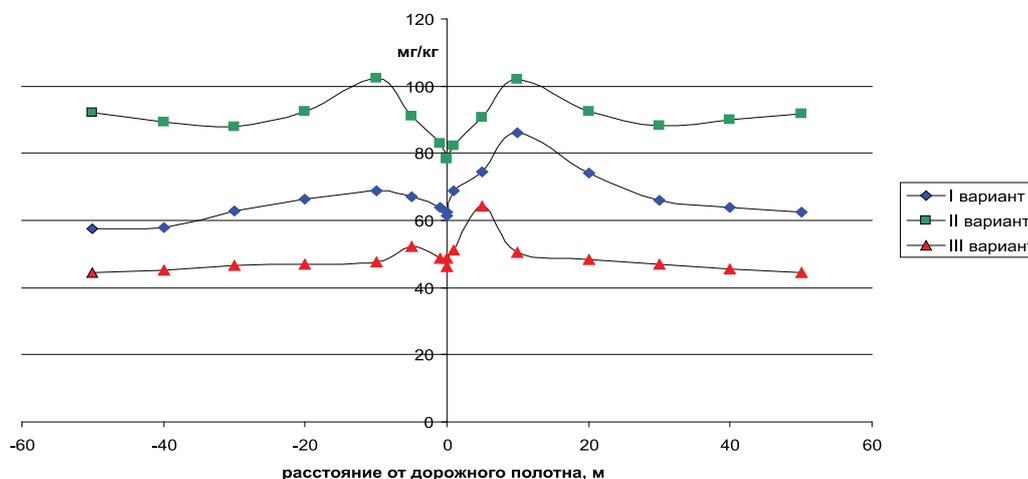


Рис. 2. Варианты распространения ТМ от дороги с учетом городской застройки

Распространение ТМ по I варианту характерно для большей части города. Оно наблюдается в Засвияжском, Железнодорожном районах, на большей части Ленинского района и на Нижней и Верхней террасах Заволжского района. В данном варианте существенную роль в распространении ТМ играют направление и скорость ветра. Большая часть загрязняющих веществ, поступающих от автодорожной геотехнической системы, аккумулируется по преобладающему направлению ветра на расстоянии

5–10 м от края дороги. Ширина дорожного полотна этих транспортных перегонов варьируется от 8 до 15 м, что дает достаточную пропускную способность, и образование заторов на них происходит лишь на отдельных участках в «часы-пик». Зеленые насаждения вдоль них состоят из деревьев возраста 30–50 лет, находящимися на расстоянии 3–4 м друг от друга. Местами зеленые насаждения полностью отсутствуют. Такие условия в комплексе приводят к тому, что часть загрязняющих веществ задержи-

вается зелеными насаждениями на расстоянии 1–5 м от дорожного полотна, а оставшаяся часть свободно распространяется по придорожной зоне. Городская застройка, расположенная в этих районах города на расстоянии 40–80 м от автодорог, является вторым препятствием на пути распространения ТМ по городской территории. На расстоянии 50 м отмечается незначительно увеличение содержания ТМ в почвогрунте.

Для центральной исторической части города характерен II вариант распространения ТМ от источника загрязнения. В отличие от I варианта аккумуляция ТМ в верхнем слое почвогрунта не зависит от направления ветра, концентрация изучаемых ТМ возрастает в 1,2–1,6 раза и на расстоянии 40 м наблюдается повторное значительное увеличение их содержания. Все эти особенности в распространении ТМ связаны со своеобразием городской застройки (находится на расстоянии 1–20 м от дорожного полотна) и практически полным отсутствием вдоль них зеленых насаждений. Кроме этого, ширина дорожного полотна составляет 5–10 м, что при высокой интенсивности движения приводит к возникновению заторов на магистралях в центре города.

В районе Нового города распространение ТМ происходит по III варианту, который существенно отличается от предыдущих. Жилая застройка в этом районе расположена на расстоянии 80–150 м от дороги, ширина дорожного полотна варьируется от 10 до 25 м, что повышает пропускную способность автодорог и препятствует на них образованию заторов. Широкие проспекты и прямоугольная схема улично-дорожной сети способствуют свободному перемеще-

нию воздушных масс, которое содействует снижению содержания загрязняющих веществ, поступающих с выбросами автотранспорта. Зеленые насаждения вдоль основных автодорожных магистралей состоят из древесной и кустарниковой растительности, имеющей возраст 10–30 лет, причем растения посажены достаточно плотно друг к другу, образуя защитный барьер. Вследствие чего происходит смещение пика аккумуляции ТМ непосредственно к дорожному полотну, снижается общая загрязненность придорожной полосы.

Список литературы

1. ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
2. О состоянии окружающей природной среды в Ульяновской области в 2002 г.: государственный доклад. – Ульяновск, 2003. – 139 с.
3. ГН 2.1.7.020-94. Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. – М., 1995. утв. ГКСЭН РФ № 13 27.12.94.
4. Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях / А.В. Рузский [и др.]. – М.: НИИ «Атмосфера», 1996. – 54 с.

Рецензенты:

Благовещенская Н.В., д.б.н., доцент директор ОГОУ ДОД «Ульяновский областной детский экологический центр», г. Ульяновск;

Васильев Д.А., д.б.н., профессор, зав. кафедрой микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ульяновск.

Работа поступила в редакцию 28.06.2011.