

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА г. АРХАНГЕЛЬСКА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*Ю.С. Вишнева**, *Л.Ф. Попова**

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Рассматривается проблема загрязнения почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами (Pb, Zn, Cu, Mn, V, Co, Ni) на фоне увеличения автотранспортной нагрузки и спада промышленного производства. Проведен ряд полевых и лабораторных исследований, определены автотранспортная нагрузка, агрохимические свойства почв (гранулометрический состав, содержание органического вещества, pH) и валовое содержание в них тяжелых металлов (ТМ). Рассчитаны коэффициент концентрации (K_c) и суммарный коэффициент техногенного загрязнения (Z_c), позволяющие сделать оценку биогеохимических изменений, произошедших при антропогенном воздействии. На основе шкал экологического нормирования произведена оценка загрязнения почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами. Установлено наличие полиметаллического загрязнения такими поллютантами, как Pb, Cu, Zn и Ni. Ряд накопления ТМ в исследованных почвах выглядит следующим образом: $Co < Mn < V < Ni < Zn < Cu < Pb$. Исследуемые пробы почвенного покрова являются песчаными и характеризуются слабощелочной (реже нейтральной) реакцией среды ($pH = 6,44-7,67$), содержание органического вещества колеблется от 2 до 8 %. Рассмотрено влияние интенсивности автотранспортной нагрузки и агрохимических свойств почв на содержание в них ТМ. Корреляционный анализ показал, что на накопление ТМ в почвенном покрове г. Архангельска оказывают влияние множественные параметры: уровень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами обусловлен не только агрохимическими свойствами почв, но и спецификой техногенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы.

Ключевые слова: автотранспортная нагрузка, почвенный покров, тяжелые металлы, полиметаллическое загрязнение, агрохимические свойства почв, гранулометрический состав, органическое вещество.

Для городских почв характерно загрязнение токсичными веществами, т. к. большинство техногенных выбросов в городскую среду аккумулируется в поверхностном слое почвы.

Почва в силу своей специфики является средой, депонирующей загрязняющие вещества и во многом определяющей устойчивость экосистемы к негативному антропогенному воздей-

Контактное лицо: Вишнева Юлия Сергеевна, *адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; *e-mail:* Ujka23@yandex.ru

ствию. Постепенное депонирование поллютантов ведет к изменению физико-химических свойств субстрата¹ [1].

Деградация почвенного покрова во всем мире особенно способствует загрязнение тяжелыми металлами, входящими в группу приоритетных загрязняющих веществ [2]. Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в т. ч. из атмосферного воздуха и водной среды. В отличие от других компонентов природной среды почва не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующей перенос химических элементов и их соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, грунтовых и поверхностных вод. Из почвы ТМ усваиваются растениями и почвенной биотой [3; 4, с. 6].

Архангельск – крупный промышленный областной центр, где основными источниками загрязнения окружающей среды (в т. ч. и почвенного покрова) являются полигоны твердых бытовых отходов, выбросы предприятий теплоэнергетики, целлюлозно-бумажной промышленности, машино- и судостроения, металлообработки, автомобильного, речного, железнодорожного транспорта и др. За пятилетний период (2009–2013 годы) в промышленном комплексе города произошел ряд изменений: перевод филиала ОАО «ТГК-2» «Архангельская ТЭЦ» на использование в качестве топлива природного газа, остановка в 2013 году производства ОАО «Соломбальский ЦБК» и закрытие таких предприятий, как ОАО «Северное лесопильное товарищество – лесозавод №3» и ОАО «Лесозавод-2». Эти изменения привели к сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промыш-

ленных источников более чем на 50 %. В то же время наблюдаются рост автопарка на 33,1 % (на 1 января 2014 года в городе зарегистрировано 116 166 шт. транспортных средств, что на 38 498 шт. больше, чем в 2009 году) и увеличение с 35,4 (2009 год) до 64,9 % (2013 год) вклада автотранспорта в суммарные выбросы загрязняющих веществ² [5]. Таким образом, автомобильный транспорт стал одним из основных источников загрязнения окружающей среды г. Архангельска.

Компоненты отработавших газов автотранспорта – аэрозоли и различные примеси, в т. ч. в виде твердых частиц, в состав которых кроме основных компонентов входят соединения ТМ, содержащиеся в присадках смазочного масла (Cu и Zn) либо являющиеся продуктами износа покрытий кузовов и деталей двигателя (Zn, Ni, Cr, Pb). В атмосферу в составе пыли ТМ могут поступать вместе с продуктами изнашивания тормозных накладок (Cu, Pb, Cr, Ni, Zn), автопокрышек (Zn, Cd, Cu, Pb, Al, Co, Fe, Ti и др.) и дорожного покрытия (Cd, Pb). В связи с этим автомобильный транспорт считается мощным источником загрязнения окружающей среды, в т. ч. почвенного покрова, тяжелыми металлами [6, 7].

В составе атмосферных взвесей в процессе сухого (под действием сил тяжести) и мокрого (с атмосферными осадками) осаждения соединения ТМ поступают на поверхность почвенного покрова, где происходят их аккумуляция, трансформация и перераспределение.

Исследования содержания ТМ в почвах г. Архангельска проводятся систематически с 1998 года, однако отдельно влияние автотранспортной нагрузки на загрязнение почв тяжелыми металлами не рассматривалось [8, 9]. Цель данного исследования – анализ данных о валовом содержании ТМ в поверхностном слое

¹Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. URL: <http://standartgost.ru/g/pkey-14293850684/> Методические указания (дата обращения: 02.11.2015).

²Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг. URL: <http://old.dvinaland.ru/ecology/monitoring/> (дата обращения: 02.11.2015).

почв г. Архангельска для оценки уровня загрязнения почвенного покрова данными поллютантами и определения степени влияния автотранспорта на их содержание.

Материалы и методы. Для химико-аналитической оценки содержания ТМ в почвенном покрове (реплантоземы и урбаноземы) г. Архангельска и исследования влияния автотранспортной нагрузки летом 2014 года было заложено 15 пробных площадей (ПП) на газонах вблизи дорог (в 0,5–2 м) с различной интенсивностью

движения автотранспорта (табл. 1). Данные ПП были выбраны по результатам предварительного экологического эксперимента по учету количества автомобилей на улицах города (54 точки). Учет автотранспорта и расчет автотранспортной нагрузки проводился согласно общепринятым методикам [10–12].

Отбор проб из поверхностного слоя почв (0–20 см), хранение и транспортировка их осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84³.

Таблица 1

АВТОТРАНСПОРТНАЯ НАГРУЗКА НА ПОЧВЫ г. АРХАНГЕЛЬСКА И ПОКАЗАТЕЛИ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

№ ПП	Место отбора	Транспортная нагрузка, шт./сут	Содержание, %		рН _{вод}
			физической глины	органического вещества	
1	Перекресток ул. Гагарина – пр. Троицкий	32 792	2,55±0,38	4,92±0,74	7,12±0,36
2	Перекресток ул. Воскресенская – пр. Троицкий, (у входа в Петровский парк)	19 296	1,75±0,26	3,19±0,48	6,44±0,32
3	Перекресток пр. Московский – ул. Павла Усова	40 140	5,40±0,81	6,16±0,62	7,65±0,38
4	Перекресток пр. Ленинградский – ул. Павла Усова	39 312	1,65±0,25	5,12±0,51	7,91±0,40
5	Перекресток пр. Троицкий – ул. Суворова	4 044	3,35±0,50	3,18±0,48	7,33±0,37
6	Перекресток пр. Ломоносова – ул. Комсомольская	20 572	1,90±0,29	3,37±0,51	7,67±0,38
7	Перекресток ул. Логинова – пр. Ломоносова	21 840	1,20±0,18	2,26±0,45	7,05±0,35
8	Пр. Ломоносова (у перекрестка с ул. Урицкого)	27 552	3,00±0,45	5,3±0,53	7,66±0,38
9	Ул. Павла Усова	9 732	1,20±0,18	3,51±0,53	7,40±0,37
10	Ул. Урицкого (у перекрестка с пр. Ломоносова)	23 436	1,60±0,24	2,15±0,43	6,99±0,35
11	Перекресток ул. Выучейского – пр. Троицкий	7 636	2,15±0,32	1,92±0,38	7,41±0,37
12	Перекресток пр. Троицкий – ул. Поморская	6 864	2,55±0,38	7,64±0,76	7,38±0,37
13	Ул. Краснофлотская (30 м от перекрестка ул. Советская – ул. Краснофлотская)	1 656	3,25±0,49	8,08±0,81	7,01±0,35
14	Перекресток ул. Советская – ул. Краснофлотская	38 160	0,95±0,14	2,45±0,49	7,39±0,37
15	Перекресток ул. Терехина – пр. Никольский	42 450	0,95±0,14	4,40±0,66	6,74±0,34

³ГОСТ 17.4.4.02–84. Введ. 1986–01–01. М., 2008. 8 с.

Агрохимические свойства почв были установлены на базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и технологий САФУ. Гранулометрический состав почв определялся согласно ГОСТ 12536–79⁴, кислотность почвенного раствора (рН водной вытяжки) – согласно ГОСТ 26423–85⁵, содержание органического вещества – согласно ГОСТ 26213–91⁶, методом Тюрина в модификации ЦИНАО (см. табл. 1).

Валовое содержание ТМ (Co, Ni, Mn, V, Pb, Zn, Cu) в почвах определялось рентгенофлуоресцентным методом согласно ПНД Ф 16.1.42–04⁷ на спектрометре «Спекстроскан макс gF-2E» (табл. 2) с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0004).

Степень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами оценивалась по санитарно-гигиеническим показателям, таким как ПДК и ОДК (МУ 2.1.7.730–99⁸ и ГН 2.1.7.2511–09⁹), и по биогеохимическим критериям. Система коэффициентов позволила сделать оценку биогеохимических изменений, произошедших при антропогенном воздействии. Для этого использовались коэффициент концентрации и рассчитывающийся на его основе суммарный коэффициент техногенного загрязнения.

Коэффициент концентрации K_c – показатель, служащий для выявления и характеристики локальных техногенных аномалий, связанных с газопылевыми выбросами отдельных промышленных предприятий, их накоплением на урбанизированных территориях, вдоль авто-трасс и т.д.,

$$K_c = \frac{C}{C_0},$$

где C – фактическая концентрация определяемого компонента в почве; C_0 – региональное фоновое содержание этого компонента.

Суммарный коэффициент техногенного загрязнения

$$Z_c = \sum \frac{K_c}{n-1},$$

где K_c – коэффициент концентрации химического вещества; n – число анализируемых элементов загрязнителей.

С использованием показателя Z_c оценивалась суммарная загрязненность почвенного покрова по шкале Саета¹⁰ [13–15].

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных (см. табл. 1) показал, что исследованные почвы г. Архангельска имеют легкий гранулометрический состав (песчаная) и слабощелочную (реже нейтральную) реакцию среды, по содержанию органического вещества они в основном мало- (1–4 %) и среднегумусные (4–7 %). Исключение составляют почвы ПП № 12, 13 – они гумусные (7–8 %).

Почвы города (табл. 2, см. с. 36) слабо загрязнены Zn, Pb и Ni. На 53 % ПП обнаружено превышение ОДК по Pb, на 60 % ПП – по Zn и на 20 % ПП – по Ni. При этом на ПП, расположенных вблизи крупных автотранспортных узлов с высокой интенсивностью движения, максимальные концентрации ТМ составили 2,2 ОДК, 2,5 ОДК и 1,3 ОДК соответственно. Стоит отметить, что наиболее загрязненной тяжелыми металлами (Pb, Zn и Ni) является почва ПП № 13 (ул. Краснофлотская), которая не характеризуется высокой автотранспортной нагрузкой, однако подвержена влиянию несанкционированных стоянок автотранспорта (непосредственно на не изолированном асфальтом почвенном покрове).

⁴ГОСТ 12536–79. Введ. 1980–07–01. М., 2008. 16 с.

⁵ГОСТ 26423–85. Введ. 1986–01–01. М., 2011. 7 с.

⁶ГОСТ 26213–91. Введ. 1993–07–01. М., 1992. 6 с.

⁷ПНД Ф 16.1.42–04. Введ. 2004–03–23. М., 2010. 13 с.

⁸МУ 2.1.7.730–99. Введ. 1999–02–05. М., 1999. 20 с.

⁹ГН 2.1.7.2511–09. Введ. 2009–05–18. М., 2009. 12 с.

¹⁰МУ 2.1.7.730–99. Введ. 1999–02–05. М., 1999. 20 с.

Таблица 2

**ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТМ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВ
г. АРХАНГЕЛЬСКА (лето 2014 года), мг/кг**

№ ПП	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V
1	34,0±1,7	81,5±4,1	26,5±1,3	23,5±1,2	н/о	376,9±18,8	55,0±2,8
2	9,5±0,5	56,5±2,8	20,0±1,0	16,5±0,8	3,0±0,2	272,8±13,6	22,5±1,1
3	40,0±2,0	71,0±3,6	22,5±1,1	18,5±0,9	н/о	281,3±14,06	37,0±1,9
4	40,5±2,0	74,5±3,7	20,5±1,0	16,5±0,8	1,0±0,05	416,0±7,3	16,5±0,8
5	30,0±1,5	39,0±1,9	18,0±0,9	13,5±0,7	2,5±0,1	192,7±9,6	28,0±1,4
6	21,5±1,1	62,0±3,1	20,5±1,0	16,5±0,8	н/о	265,1±13,3	29,5±1,5
7	16,0±0,8	31,5±1,6	16,5±0,8	11,5±0,6	3,0±0,2	147,4±7,4	16,0±0,8
8	27,5±1,4	80,0±4,0	27,5±1,4	25,0±1,3	н/о	323,5±16,2	52,0±2,6
9	35,5±1,8	51,0±2,6	16,5±0,8	12,5±0,6	2,0±0,1	209,8±10,5	19,0±1,0
10	18,0±0,9	58,5±2,9	17,0±0,9	13,0±0,7	4,5±0,2	193,9±9,7	32,0±1,6
11	21,5±1,1	36,5±1,8	16,5±0,8	12,0±0,6	3,5±0,2	170,3±8,5	15,0±0,8
12	53,5±2,7	95,0±4,8	20,0±1,0	16,0±0,8	3,5±0,2	263,2±13,2	15,5±0,8
13	70,0±3,5	139,5±7,0	29,5±1,5	26,5±1,3	2,0±0,1	337,9±16,9	44,5±2,2
14	29,0±1,5	46,5±2,3	19,0±1,0	14,5±0,7	3,0±0,2	201,2±10,1	27,5±1,4
15	47,5±2,4	44,5±2,2	19,0±1,0	15,0±0,8	5,0±0,3	188,1±9,4	29,0±1,5
ПДК [7]	32,0	87,0	53,0	85,0	50,0	1500,0	150,0
ОДК [1]	32,0	55,0	33,0	20,0	н/д	н/д	н/д
Фон*	2,8±0,1	35,2±1,8	7,4±0,4	14,7±0,7	6,3±0,3	399±20	30,3±1,5

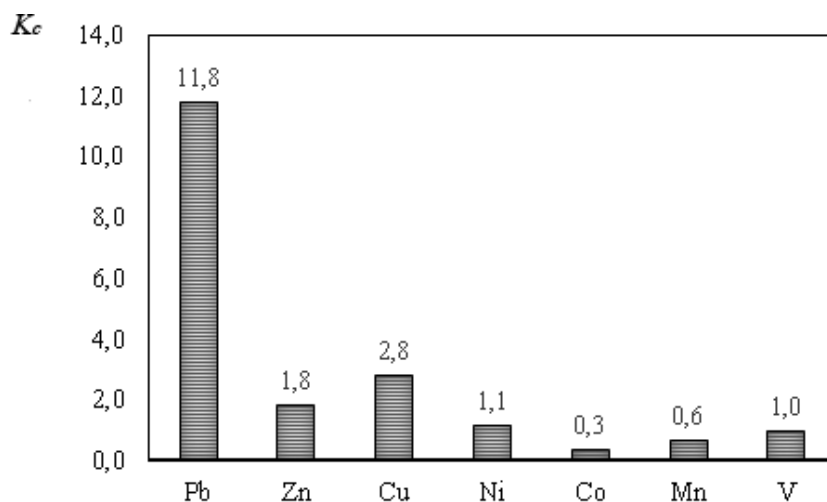
Примечания: * – средние значения содержания ТМ в почвах Архангельской области по данным станции агрохимической службы «Архангельская»; н/о – не обнаружено; н/д – нет данных.

Валовое содержание других ТМ ниже ПДК (ОДК), поэтому, исходя из санитарно-гигиенических показателей, исследованные почвы по степени загрязнения тяжелыми металлами можно отнести к категории «чистые».

Согласно K_c (рисунок) установлено, что отсутствует загрязнение (или естественное колебание фона) исследованных почв Co и Mn ($K_c < 1,5$), однако они слабо загрязнены ($1,5 < K_c < 3,0$) Cu на 73 % ПП, Zn на 53 % ПП, Ni на 20 % ПП, V на 13 % ПП. Отмечено умеренное загрязнение ($3,0 < K_c < 5,0$) почв города Cu на 27 % ПП, Pb и Zn на 7 % ПП. Сильное ($5,0 < K_c < 10,0$) и очень сильное ($K_c > 10,0$) загрязнение Pb имеет поверхностный слой почв на 60 % ПП и 33 % ПП соответственно [14, 15].

Достаточно сильное загрязнение Pb проб почвенного покрова может быть обусловлено его широким использованием (до 2003 года) в качестве антидетонационной присадки к топливу, что привело к его аккумуляции в поверхностном слое почв. На сегодняшний день по валовому содержанию данного металла можно сделать вывод, что самоочищения почвенного покрова от данного поллютанта не произошло. Pb продолжает накапливаться в поверхностном горизонте почв под влиянием возрастающей автотранспортной нагрузки.

В целом вследствие техногенного воздействия в поверхностном слое почв г. Архангельска в основном накапливаются Pb, Zn, Cu, в почвах отдельных ПП – Ni и V. Ряд накопле-



Средние коэффициенты концентрации (K_c) ТМ в почвах г. Архангельска

ния ТМ в почвах исследованных ПП выглядит следующим образом: $Co < Mn < V < Ni < Zn < Cu < Pb$.

Рассчитанный на основе коэффициентов концентрации суммарный показатель загрязнения Z_c , нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730–99¹¹ и широко используемый в качестве интегрального показателя, отражающего общий вклад ТМ в загрязнение почвенного покрова, показал допустимый уровень загрязнения ($1 < Z_c < 15$) ТМ по их валовому содержанию ($Z_c = 3,2$).

Для оценки влияния автотранспортной нагрузки (ТН) на содержание ТМ в почвенном покрове был проведен корреляционный анализ, который показал слабую связь между валовым содержанием ТМ в почвенном покрове и транспортной нагрузкой. Коэффициенты корреляции $r_{Me, ТН}$ для разных ТМ колеблются от $-0,20$ до $0,23$.

Известно, что аккумуляция основной части загрязняющих веществ (в т. ч. и ТМ) осуществляется преимущественно в гумусовом

горизонте, где они связываются с органическими веществами вследствие различных химических реакций и превосходно адсорбируются тонкодисперсными частицами почвы. Состав и количество удерживаемых в почве элементов зависят от гранулометрического состава, содержания органического вещества, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, активности микробиологических и биохимических процессов [4, с. 8].

В связи с тем что на закрепление ТМ в почвенном покрове в первую очередь влияет содержание органического вещества и физической глины, а одним из основных источников поступления ТМ в почву является автотранспорт, рассмотрены множественные корреляционные зависимости между содержанием ТМ, агрохимическими свойствами почв и транспортной нагрузкой. Установлено, что между валовым содержанием ТМ, содержанием физической глины (ФГ) и органического вещества (ОВ) в почвенном покрове существуют сильные поло-

¹¹МУ 2.1.7.730–99. Введ. 1999–02–05. М., 1999. 20 с.

Таблица 3

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ТМ, АГРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКОЙ

Металл	$r_{Me, ФГ}$	$R_{Me*ТН, ФГ}$	$r_{Me, ОВ}$	$R_{Me*ТН, ОВ}$	$r_{Me, pH}$	$R_{Me*ТН, pH}$
Pb	0,33±0,08	0,33±0,08	0,85±0,21	0,85±0,21	0,13±0,03	0,18±0,05
Zn	0,57±0,14	0,58±0,15	0,88±0,22	0,89±0,22	0,08±0,02	0,22±0,06
Cu	0,63±0,16	0,77±0,19	0,72±0,18	0,73±0,18	0,08±0,02	0,10±0,03
Ni	0,62±0,15	0,77±0,19	0,71±0,18	0,72±0,18	0,07±0,02	0,09±0,03
Co	-0,42±0,11	0,55±0,14	-0,33±0,08	0,39±0,10	-0,60±0,15	0,61±0,15
Mn	0,42±0,11	0,68±0,17	0,64±0,16	0,70±0,18	0,32±0,08	0,37±0,09
V	0,51±0,13	0,75±0,19	0,37±0,09	0,44±0,11	-0,02±0,005	0,22±0,06

жительные связи для Zn, Cu, Ni, Mn, V (табл. 3), в меньшей степени они проявляются для Pb. Эти зависимости незначительно усиливаются под влиянием ТН у Cu, Ni, Mn, V, Co. Уровень pH не влияет на содержание ТМ в почвенном покрове.

Исключение составил Co. Между валовым содержанием данного металла и физико-химическими параметрами почвы установлена значительная отрицательная зависимость ($r_{Co, ФГ} = -0,42 \pm 0,1$; $r_{Co, ОВ} = -0,33 \pm 0,08$; $r_{Co, pH} = -0,60 \pm 0,15$), которая усиливается под влиянием транспортной нагрузки ($R_{Me*ТН, ФГ} = 0,55 \pm 0,14$; $R_{Me*ТН, ОВ} = 0,39 \pm 0,10$; $R_{Me*ТН, pH} = 0,61 \pm 0,15$).

Заключение. Проведенные исследования показали, что в почвах г. Архангельска происходит накопление ТМ. Наблюдается полиэлементное загрязнение, характеризующееся повышенным содержанием Pb, Cu, Zn и Ni, что не противоречит исследованиям, выполненным другими учеными в 1998–2009 годах [8, 9]. На валовое содержание ТМ влияют такие агрохимические показатели почв, как содержание физической глины и органического вещества (гумуса).

Согласно полученным коэффициентам множественной корреляции можно говорить о том, что уровень загрязнения почвенного покрова города ТМ может быть обусловлен как особенностями агрохимических свойств почв, так и спецификой техногенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы.

Известно, что валовое содержание ТМ дает не полную характеристику экологического состояния почв. Исследования количественных соотношений геохимических форм нахождения металлов в загрязненных почвах позволяют прогнозировать процессы закрепления металлов в породах, предсказывать и предупреждать возможные экологические риски вторичного загрязнения окружающей среды. Поэтому в почвенно-геохимическом мониторинге помимо оценки загрязнения почв ТМ по их валовому содержанию необходимо уделять особое внимание исследованию накопления их подвижных форм, способных переходить из твердых фаз в почвенные растворы, поглощаться живыми организмами и загрязнять грунтовые воды [9, 16, 17].

Более того, кроме техногенной аккумуляции исследуемых поллютантов в почвенном покрове существенное влияние на содержание ТМ оказывает их биогенная аккумуляция в поверхностном слое почвы, которая, прежде всего, является итогом взаимодействия между растительностью и почвой [18]. В связи с этим для более глубокого анализа и оценки влияния автотранспорта на загрязнение ТМ почвенного покрова г. Архангельска необходимо провести ряд дополнительных исследований отобранных почвенных проб (определение форм нахождения ТМ), выявить особенности распределения данных поллютантов в системе «почва–растение».

Список литературы

1. Дабахов М.В. Экологическая оценка техногенно загрязненных почв урбанизированных территорий и промышленных зон г. Нижнего Новгорода: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2012.
2. Пономарева С.В. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами: дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д., 2008.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв: учеб. пособие для студентов вузов. Ч. 3. Загрязнение почв. Ростов н/Д., 2004. 54 с.
4. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв: учеб.-метод. пособие для вузов. Воронеж, 2009. 22 с.
5. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории деятельности Северного УГМС за 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.: сб. / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Северное УГМС. Архангельск, 2010–2014.
6. Панфилов А.А. Влияние сезонных условий на загрязнение почвы при эксплуатации автомобилей: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2006.
7. Бондаренко Е.В., Дворников Г.П. Дорожно-транспортная экология: учеб. пособие. Оренбург, 2004. 113 с.
8. Никитина М.В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урболандшафтов Архангельска: дис. ... канд. хим. наук. Архангельск, 2011.
9. Попова Л.Ф. Комплексная эколого-химическая оценка и нормирование качества почвенно-растительного покрова городских экосистем: на примере Архангельска: дис. ... д-ра биол. наук. Архангельск, 2015.
10. Практикум по общей и сельскохозяйственной экологии. Персиановский, 2008. 216 с.
11. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов вузов. М., 2001. 288 с.
12. Чальшева Л.В. Школьный экологический мониторинг: метод. пособие. Сыктывкар, 2001. 57 с.
13. Пилюгина М.В., Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты: метод. рекомендации. Архангельск, 2007.
14. Дубровская С.А. Закономерности трансформации важнейших базовых свойств почвенного покрова под влиянием урбанизации. URL: <http://orenpriroda.ru/steppene/sim2012/2624-закономерности-трансформации-важнейших-базовых-свойств-почвенного-покрова-под-влиянием-урбанизации> (дата обращения: 10.06.2016).
15. Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф. Влияние автотранспортной нагрузки на накопление тяжелых металлов в почвах г. Архангельска // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по материалам XXXVI–XXXVII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2015. № 11–12 (35). С. 149–159.
16. Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: дис. ... д-ра биол. наук. Ростов н/Д., 2008. 172 с.
17. Попова Л.Ф. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Архангельска // Фундаментальные исследования. 2014. № 9 (ч. 3). С. 562–566.
18. Ильин В.Б. Биогенная и техногенная аккумуляция химических элементов в почве // Почвоведение. 1988. № 7. С. 124–131.

References

1. Dabakhov M.V. *Ekologicheskaya otsenka tekhnogenno zagryaznennykh pochv urbanizirovannykh territoriy i promyshlennykh zon g. Nizhnego Novgoroda*: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk [Environmental Assessment of Anthropogenic Contaminated Soils in Urban Areas and Industrial Zones of the City of Nizhny Novgorod: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Moscow, 2011. 376 p.
2. Ponomareva S.V. *Izmenenie ekologo-biologicheskikh svoystv chernozema obyknovennogo pri zagryaznenii tyazhelymi metallami*: dis. ... kand. biol. nauk [Change of Ecological and Biological Properties of Ordinary Chernozem in Heavy Metals Contamination: Cand. Biol. Sci. Diss.]. Rostov-on-Don, 2008. 200 p.
3. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. *Ekologiya pochv: ucheb. posobie dlya studentov vuzov. Ch. 3. Zagryaznenie pochv* [Soil Ecology. Part 3. Soil Contamination]. Rostov-on-Don, 2004. 54 p.

4. Dzhuelikyan Kh.A., Shcheglov D.I., Gorbunova N.S. *Zagryaznenie pochv tyazhelymi metallami. Sposoby kontrolya i normirovaniya zagryaznennykh pochv: ucheb.-metod. posobie dlya vuzov* [Soil Pollution with Heavy Metals. Control and Regulation Methods of Contaminated Soil]. Voronezh, 2009. 22 p.

5. Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii deyatel'nosti Severnogo UGMS za 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 gg.: sb. [Status of Air Pollution in the Cities of the Activity of the Northern Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring for 2009, 2010, 2011, 2012, 2013]. *Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy (Rosgidromet). Severnoe UGMS* [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet). The Northern Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring]. Arkhangelsk, 2010–2014.

6. Panfilov A.A. *Vliyanie sezonnykh usloviy na zagryaznenie pochvy pri ekspluatatsii avtomobiley*: dis. ... kand. tekhn. nauk [The Impact of Seasonal Conditions on the Soil Pollution in the Vehicles Operation: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Tyumen, 2006. 135 p.

7. Bondarenko E.V., Dvornikov G.P. *Dorozhno-transportnaya ekologiya: ucheb. posobie* [Road and Transport Ecology]. Orenburg, 2004. 113 p.

8. Nikitina M.V. *Ekologo-khimicheskaya otsenka zagryazneniya tyazhelymi metallami osnovnykh urbolandshaftov Arkhangel'ska*: dis. ... kand. khim. nauk [Ecological and Chemical Evaluation of Heavy Metal Contamination of the Basic Urban Landscapes of Arkhangelsk: Cand. Chem. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2011. 212 p.

9. Popova L.F. *Kompleksnaya ekologo-khimicheskaya otsenka i normirovanie kachestva pochvenno-rastitel'nogo pokrova gorodskikh ekosistem (na primere Arkhangel'ska)*: dis. ... d-ra biol. nauk [Integrated Ecological and Chemical Assessment and Regulation of the Soil and Vegetation Cover Quality of Urban Ecosystems (the Case of Arkhangelsk): Dr. Biol. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2015. 396 p.

10. *Praktikum po obshchey i sel'skokhozyaystvennoy ekologii* [Practical Course on General and Agricultural Ecology]. Persianovskiy, 2008. 216 p.

11. Fedorova A.I., Nikol'skaya A.N. *Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchey sredy: ucheb. posobie dlya studentov vuzov* [Practical Course on Ecology and Environmental Management]. Moscow, 2001. 288 p.

12. Chalysheva L.V. *Shkol'nyy ekologicheskiy monitoring: metod. posobie* [School Environmental Monitoring]. Syktyvkar, 2001. 57 p.

13. Pilyugina M.V., Popova L.F., Korel'skaya T.A. *Ekologicheskiy biogeokhimicheskiy monitoring: kriterii, normativy, koeffitsienty: metod. rekomendatsii* [Environmental Biogeochemical Monitoring: the Criteria, Standards, Coefficients]. Arkhangelsk, 2007. 48 p.

14. Dubrovskaya S.A. *Zakonomernosti transformatsii vazhneyshikh bazovykh svoystv pochvennogo pokrova pod vliyaniem urbanizatsii* [Laws of Transformation of the Most Basic Properties of the Soil Cover under the Influence of Urbanization]. Available at: <http://orenpriroda.ru/steppene/sim2012/2624-zakonomernosti-transformatsii-vazhneyshikh-bazovykh-svoystv-pochvennogo-pokrova-pod-vliyaniem-urbanizatsii> (accessed 10.06.2016).

15. Vishnevaya Yu.S., Popova L.F. *Vliyanie avtotransportnoy nagruzki na nakoplenie tyazhelykh metallov v pochvakh g. Arkhangel'ska* [Effect of Traffic Load on the Accumulation of Heavy Metals in Soils of Arkhangelsk]. *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire: sb. st. po mater. XXXVI–XXXVII mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Natural and Mathematical Sciences in the Modern World: Proc. 36–37th Int. Sci.-Prac. Conf.]. Novosibirsk, 2015, no. 11–12(35), pp. 149–159.

16. Minkina T.M. *Soedineniya tyazhelykh metallov v pochvakh Nizhnego Dona, ikh transformatsiya pod vliyaniem prirodnykh i antropogennykh faktorov*: dis. ... d-ra biol. nauk [The Compounds of Heavy Metals in the Soils of the Lower Don, Their Transformation under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors: Dr. Biol. Sci. Diss.]. Rostov-on-Don, 2008. 172 p.

17. Popova L.F. *Transformatsiya soedineniy tyazhelykh metallov v pochvakh Arkhangel'ska* [The Transformation of Heavy Metals Compounds in the Soils of Arkhangelsk]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2014, no. 9 (ch. 3), pp. 562–566.

18. Il'in V.B. *Biogennaya i tekhnogennaya akkumulyatsiya khimicheskikh elementov v pochve* [Biogenic and Anthropogenic Accumulation of Chemical Elements in the Soil]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1988, no. 7, pp. 124–131.

MOTOR TRANSPORT IMPACT ON THE SOIL COVER CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN THE CITY OF ARKHANGELSK

The paper considers the problem of soil contamination by heavy metals (Pb, Zn, Cu, Mn, V, Co, Ni) due to the increased traffic load and decline in manufacturing output in the city of Arkhangelsk. A series of field and laboratory researches are carried out; traffic load, agrochemical properties (particle size distribution, content of organic substance, pH) and total content of heavy metals in the samples of soil are defined. The concentration factor and the aggregate coefficient of technogenic pollution, allowing us to assess the biogeochemical changes occurring under the anthropogenic impact, are calculated. Based on the ecological regulation scale, the level of soil pollution by heavy metals in Arkhangelsk is evaluated. The results confirm the presence of polymetallic soil pollution by Pb, Cu, Zn and Ni. The accumulation series of heavy metals in the studied soils is as follows: Co < Mn < V < Ni < Zn < Cu < Pb. The test samples of the soil cover are sandy and characterized by a weakly alkaline (less neutral) medium reaction (pH = 6.44...7.67); organic matter content ranges from 2...8 %. The impact of agrochemical properties of soil and traffic load intensity on the content of heavy metals has been considered. The correlation analysis indicates the multiple parameters influencing on the accumulation of heavy metals in the soil cover of the city of Arkhangelsk. The level of soil contamination with heavy metals is caused not only by the soil agrochemical properties, but also by the anthropogenic impact specifics – by the intensive use of motor transport, especially in recent years.

Keywords: *traffic load, soil cover, heavy metal, polymetallic pollution, soil agrochemical property, particle size distribution, organic substance.*

Received on December 30, 2015

Corresponding author: Yuliya Vishnevaya, *address:* Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; *e-mail:* Ujka23@yandex.ru