

УДК 631.412:631.453

DOI: 10.17277/voprosy.2018.03.pp.009-018

РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Zn, Cu, Pb, Cd) В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (на примере города Абакан)

Е. В. Юдина

*Министерство природных ресурсов и экологии
Республики Хакасия, г. Абакан, Республика Хакасия*

Рецензент д-р биол. наук, профессор В. В. Чупрова

Ключевые слова: автотранспорт; аккумуляция; валовое содержание; городские почвы; оценка химического загрязнения; подвижные формы; транспортная нагрузка; техногенное загрязнение; тяжелые металлы; урбоэкосистема; физико-химические свойства почв.

Аннотация: В целях установления роли свойств городской почвы в аккумуляции тяжелых металлов, основным источником поступления которых является автотранспорт, проведена оценка химического загрязнения поверхностных горизонтов почв, расположенных вблизи автомагистралей с разной степенью транспортной нагрузки, а также проанализирован ряд почвенных характеристик. В почвенных образцах определены: валовые и подвижные формы тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) методом атомно-абсорбционной спектрометрии, содержание органического вещества, pH водной вытяжки, емкость катионного обмена, гранулометрический состав, углекислота карбонатов, эмиссия CO₂ абсорбционным методом. При оценке химического загрязнения установлен факт превышения валовых и подвижных концентраций Zn, Cu, Pb, Cd относительно фонового содержания и содержания металлов в почвообразующей породе. На участках с высокой степенью транспортной нагрузки зафиксировано превышение норматива предельно допустимой концентрации валового содержания Pb, что доказывает значимость роли автотранспорта в загрязнении почв урбоэкосистем. Пре-

Юдина Елена Валериевна – начальник отдела разрешительной деятельности, экологической экспертизы и обращения с отходами, e-mail: elena55555u@mail.ru, Министерство природных ресурсов и экологии Республики Хакасия, г. Абакан, Республика Хакасия.

вышение концентраций подвижных форм Zn, Cu, Pb относительно установленных нормативов зафиксировано на участках в независимости от транспортной нагрузки, что подтверждает наличие особых почвенных условий, способствующих их мобильности. Проведение сравнительного анализа отдельных почвенных характеристик (гумус, емкость катионного обмена, углекислота карбонатов, гранулометрический состав) со значениями концентраций подвижных форм элементов на аналогичных экспериментальных площадках подтвердило обусловленность подвижности тяжелых металлов свойствами почвы. Результаты проведенного исследования позволяют с достаточной долей достоверности определить физико-химические свойства почв решающим фактором в аккумуляции тяжелых металлов, в том числе их подвижных соединений, которые, в свою очередь, являются потенциальными источниками загрязнения других компонентов городской среды.

Тяжелые металлы являются индикаторами техногенного загрязнения городской почвы, поэтому изучение особенностей их накопления и распределения – приоритетное направление современных исследований почвенного покрова урбоэкосистем. Загрязнение городских почв тяжелыми металлами в основном связано с их аэрогенным поступлением в результате эксплуатации автотранспорта.

Почва города, являясь основной депонирующей геохимической системой урболандшафтов, сама может стать вторичным источником загрязнения атмосферы, вод, биоты [1 – 3].

Процессы, протекающие в городских почвах, определяются не только источниками поступления загрязняющих веществ и степенью техногенного воздействия, но и свойствами, присущими самой почве, в связи с чем при оценке уровня загрязнения, анализе механизмов, связанных с аккумуляцией тяжелых металлов, значимым аспектом является установление причинно-следственных связей между содержанием загрязнителей и отдельными почвенными характеристиками [4].

Объекты исследования – пробные площадки, заложенные на придорожных полосах основных транспортных автомагистралей г. Абакана (ул. Пушкина, просп. Ленина, ул. Ивана Ярыгина, ул. Ленинского Комсомола), испытывающих максимальную нагрузку в транспортной инфраструктуре города. Интенсивность транспортной нагрузки определялась путем учета числа автотранспорта за временной отрезок – 20 минут в разные часы в течение суток и недели с учетом видовой структуры автотранспорта [5].

На каждой автомагистрали заложено четыре площадки с учетом однородности рельефа местности, растительного покрова, жилой застройки. Пробы почв отбирались на расстоянии 0...5 м от дорожного полотна путем составления из 25 точечных проб, отобранных с глубины 0...10 см (МУ 2.1.7.730–99). В почвенных образцах определены следующие показатели: содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации Центрального института агрохимического обслуживания сельского хозяйства (Москва) (ГОСТ 26213–91), рН водной вытяжки (ГОСТ 26423–85),

емкость катионного обмена (ГОСТ 17.4.4.01–84), гранулометрический состав (ГОСТ 12536–2014), углекислота карбонатов, эмиссия CO₂ абсорбционным методом [6, 7]. Валовые и подвижные формы тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) определялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре «КВАНТ-АФА» (Москва).

По результатам оценки интенсивности транспортной нагрузки условно выделены четыре степени нагрузки: I – очень высокая (ул. Пушкина); II – высокая (просп. Ленина); III – средняя (ул. Ивана Ярыгина); IV – низкая (ул. Ленинского Комсомола).

На основе анализа содержания тяжелых металлов проведена оценка химического загрязнения почв с использованием ряда критериев. В качестве стандартных использованы гигиенические нормативы (ГН) критических концентраций: предельно допустимые концентрации – ПДК (ГН 2.1.7.2041-06); ориентировочно допустимые концентрации – ОДК (ГН 2.1.7.2511-09). В качестве дополнительных применены «фоновые» значения подвижных форм в почвах сельскохозяйственных угодий (по данным ФГБУ «Государственная станция агрохимической службы «Хакасская»), валовое содержание в почвах окрестностей г. Абакана с минимальным антропогенным воздействием, концентрации поллютантов в почвообразующей породе (горизонт С) на аналогичных участках территории города (по собственным данным), а также кларки почв населенных пунктов [1] (табл.1).

Анализируя полученные данные, наблюдаем превышение концентраций Zn по сравнению с фоном, в том числе валового содержания в 1,2 – 4,0 раза, подвижных форм в 3,5 – 91,7 раза; на участках I и IV степени транспортной загрузки отметим незначительное превышение ПДК в 1,1 – 1,5 раза. Превышение валового Zn в 1,4 – 4,5 раза относительно горизонта С характерно для всех экспериментальных площадок. Аналогичную ситуацию констатируем и для подвижных форм Zn, когда кратность превышения на большинстве площадок составила 1,6 – 8,1.

Содержание валовых форм Cu не превышает установленные нормативы, значение валового содержания превысило фон, содержание относительно горизонта С и кларк в 1,1 – 3,2, 1,1 – 4,0 и 1,2 – 1,7 раза соответственно. Кратность превышения концентрации подвижных форм Cu относительно фона составила 1,9 – 35,5, относительно ПДК – 1,3 – 2,4. На участке ул. Пушкина с очень высокой степенью транспортной нагрузки (I) установлено превышение содержания Cu относительно горизонта С в 1,5 – 9,0 раза.

Данные, касающиеся валового содержания Pb, показывают превышение ПДК на участках I и II степени транспортной загрузки в 1,4 – 2,0 раза, кларка на участке по ул. Пушкина (I) – в 1,2 раза. Факт превышения фона по содержанию Pb можно наблюдать на всех исследуемых участках в 1,3 – 7,6 раза для валового содержания и 1,9 – 10,7 раза для подвижных форм элемента. Кратность превышения концентрации Pb относительно горизонта С составила 1,2 – 6,2 и 1,2 – 1,8 для валовых и подвижных форм соответственно, при этом максимальные показатели установлены на участке по ул. Пушкина (I). На участках I, II и IV степени загрузки превышение ПДК для подвижного Pb составило 1,3, 1,8 и 1,1 раза соответственно.

Оценка загрязнения тяжелыми металлами (Zn, Cu, Pb, Cd) почв придорожного полотна

Объекты оценки загрязнений (степень транспортной нагрузки)	Кратность превышения валовых (В) и подвижных (П) форм, мг/кг											
	Zn			Cu			Pb			Cd		
	В	П	И	В	П	И	В	П	И	В	П	И
Улица Пушкина (I)	2,4/0,5/2,7/0,8	63,1/1,0/5,6	2,2/0,4/2,9/1,2	5,6/0,4/1,5	2,8/0,7/0,2/2,3/0,4	6,0/1,0/3,8	1,2/0,2/6,6/0,5	8,1/11,8				
	2,1/0,5/2,4/0,7	46,2/0,7/4,1	1,1/0,2/1,5/0,6	5,8/0,4/1,5	7,6/2,0/0,5/6,2/1,2	10,7/1,8/6,7	0,9/0,2/5,0/0,4	4,0/5,6				
	2,8/0,7/3,2/0,9	82,3/1,3/7,2	3,2/0,5/4,0/1,7	35,5/2,4/9,0	2,7/0,7/0,2/2,2/0,4	7,3/1,2/4,5	0,8/0,2/4,6/0,4	5,0/7,2				
Проспект Ленина (II)	1,8/0,4/2,1/0,6	70,3/1,1/6,2	1,5/0,3/2,0/0,9	18,7/1,3/4,8	2,4/0,6/0,2/1,7/0,4	7,3/1,2/4,6	1,2/0,2/6,7/0,5	7,1/10,3				
	1,2/0,3/1,4/0,4	18,6/0,3/1,6	0,9/0,1/1,1/0,5	0,9/0,1/0,3	1,4/0,4/0,1/1,2/0,2	1,0/0,2/0,6	0,9/0,2/4,7/0,4	2,4/3,5				
	2,3/0,5/2,6/0,7	3,5/0,1/0,3	0,9/0,2/1,2/0,5	0,9/0,1/0,2	1,7/0,4/0,1/1,4/0,3	0,6/0,1/0,4	0,8/0,2/4,3/0,3	2,1/3,1				
Улица Ивана Ярыгина (III)	3,0/0,7/3,4/0,9	38,9/0,6/3,4	1,1/0,2/1,4/0,6	2,4/0,2/0,6	5,4/1,4/0,4/4,4/0,8	7,1/1,3/4,8	1,6/0,3/9,0/0,7	6,5/9,4				
	2,3/0,5/2,6/0,7	7,3/0,1/0,6	0,9/0,2/1,2/0,5	1,9/0,1/0,5	2,9/0,8/0,2/2,3/0,4	4,0/0,7/2,6	0,9/0,2/5,4/0,4	2,9/4,2				
	4,0/0,9/4,5/1,3	26,7/0,4/2,4	1,1/0,2/1,5/0,6	2,3/0,2/0,6	2,5/0,7/0,2/2,1/0,4	1,9/0,3/1,2	0,8/0,2/4,7/0,4	3,3/4,8				
Улица Ленинского Комсомола (IV)	3,5/0,8/4,0/1,1	8,2/0,1/0,7	0,7/0,1/0,9/0,4	1,9/0,1/0,5	0,5/0,1/0,1/0,4/0,1	0,9/0,2/0,6	0,4/0,1/2,2/0,2	2,9/4,3				
	3,7/0,9/4,2/1,2	49,9/0,8/4,4	1,1/0,2/1,4/0,6	2,3/0,2/0,6	2,2/0,6/0,1/1,8/0,3	5,8/0,9/3,6	1,1/0,2/6,5/0,5	5,1/7,3				
	1,7/0,4/2,0/0,6	38,5/0,6/3,4	0,8/0,1/1,0/0,4	2,4/0,2/0,6	1,9/0,5/0,1/1,5/0,3	5,4/0,9/3,4	1,0/0,2/5,8/0,5	5,1/14,9				
Фон	2,9/0,7/3,3/0,9	91,7/1,5/8,1	0,8/0,1/1,1/0,5	2,9/0,2/0,7	2,2/0,6/0,1/1,8/0,3	4,6/0,8/2,9	0,9/0,2/5,3/0,4	4,8/7,0				
	1,6/0,4/1,8/0,5	53,7/0,9/4,8	0,9/0,1/1,1/0,5	3,7/0,3/0,9	1,5/0,4/0,1/1,2/0,2	5,9/1,0/3,7	0,7/0,1/3,9/0,3	2,2/3,3				
	1,5/0,4/1,7/0,3	60,2/0,9/5,3	0,7/0,1/0,9/0,4	3,3/0,2/0,8	1,3/0,3/0,1/1,0/0,2	5,8/0,9/3,6	1,5/0,3/8,8/0,7	3,9/5,8				
ИДК	2,2/0,5/2,4/0,7	45,8/0,7/4,0	0,9/0,1/1,1/0,5	2,6/0,2/0,7	2,9/0,8/0,2/2,4/0,5	6,7/1,1/4,2	1,4/0,3/8,0/0,6	5,5/4,0				
	51,1	0,369	21,6	0,205	8,5	1,002	0,4	0,06				
	–	23,0	–	3,0	32,0	6,0	–	–				
ОДК	220,0	–	132,0	–	130,0	–	2,0	–				
	45,2	4,2	16,6	0,8	10,4	1,6	0,07	0,04				
	158,0	–	39,0	–	54,5	–	0,9	–				

Валовое содержание Cd не превышает нормативов ОДК и кларкового содержания на всех исследуемых участках, превышение относительно фона можно наблюдать для валового содержания в 1,1 – 1,6 раза, для подвижных форм – в 2,1 – 8,1 раза. Кратность превышения концентрации Cd относительно горизонта С составила 2,2 – 9,0 и 3,1 – 14,9 для валовых и подвижных форм соответственно.

Анализируя средние показатели содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) на исследуемых участках можно проследить зависимость их содержания от степени транспортной нагрузки (табл. 2).

Максимальные значения средних концентраций как валового содержания, так и подвижных форм тяжелых металлов можно наблюдать на участке с I степенью транспортной нагрузки, что в целом подтверждает значимость роли автотранспорта как основного источника загрязнения почв урбозкосистем. Распределение валового содержания исследуемых элементов в составе почв придорожного полотна образует убывающий ряд: Zn > Cu > Pb > Cd. Концентрации подвижных форм металлов образует убывающий ряд: Zn > Pb > Cu > Cd.

Показатель подвижного содержания Zn на участке, которому присвоена II степень транспортной нагрузки, в 1,8 и 3,7 раза меньше по сравнению с участками с III и IV степенью соответственно. Аналогичная тенденция отмечается для Cu и Pb, минимальные показатели которых наблюдаются на участках со степенями нагрузки II и III.

Концентрации подвижных форм Zn, Cu, Pb на участке с низкой (IV) степенью транспортной нагрузки сопоставимы с аналогичными на участке, где транспортная нагрузка максимальная (I), что позволяет предполагать наличие особых почвенных условий, определяющих механизмы аккумуляции элементов и их перехода в активное состояние (табл. 3).

В ходе анализа зависимости содержания тяжелых металлов от отдельных почвенных характеристик положительные значения корреляции отмечаются на всех участках для всех металлов, независимо от степени транспортной нагрузки и того, в какой форме находится исследуемый

Таблица 2

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов

Степень транспортной нагрузки	Содержание тяжелых металлов, мг/кг							
	Zn		Cu		Pb		Cd	
	В	П	В	П	В	П	В	П
I	116,5	24,2	43,6	3,4	33,0	7,8	0,4	0,3
II	113,0	6,3	20,2	0,3	24,1	3,4	0,4	0,2
III	88,1	11,4	19,9	0,5	15,0	3,5	0,3	0,2
IV	104,3	23,2	17,5	2,6	16,8	5,8	0,4	0,2

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов
(Zn, Cu, Pb, Cd) и отдельными почвенными характеристиками**

Показатель	Zn		Cu		Pb		Cd	
	В	П	В	П	В	П	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Улица Пушкина (I степень транспортной нагрузки)								
рН водной вытяжки	0,962	0,949	0,832	0,574	0,723	0,936	0,957	0,891
Гумус, %	0,900	0,907	0,745	0,517	0,695	0,910	0,990	0,933
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	0,928	0,799	0,782	0,400	0,781	0,874	0,849	0,801
Углекислота карбонатов, %	0,885	0,874	0,694	0,528	0,790	0,965	0,943	0,845
Гранулометрический состав, частицы < 0,01 мм	0,992	0,937	0,881	0,659	0,745	0,932	0,899	0,833
Эмиссия CO ₂ , CO ₂ мг/10 г	0,832	0,931	0,949	0,854	0,154	0,529	0,754	0,811
Проспект Ленина (II степень транспортной нагрузки)								
рН водной вытяжки	0,924	0,877	0,991	0,877	0,777	0,639	0,904	0,785
Гумус, %	0,860	0,842	0,900	0,960	0,914	0,867	0,964	0,924
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	0,800	0,623	0,954	0,795	0,683	0,548	0,863	0,724
Углекислота карбонатов, %	0,686	0,184	0,582	0,756	0,604	0,615	0,538	0,492
Гранулометрический состав, частицы < 0,01 мм	0,697	0,326	0,877	0,603	0,445	0,267	0,673	0,481
Эмиссия CO ₂ , CO ₂ мг/10 г	0,668	0,778	0,745	0,534	0,620	0,456	0,770	0,728
Улица Ивана Ярыгина (III степень транспортной нагрузки)								
рН водной вытяжки	0,887	0,747	0,939	0,989	0,686	0,603	0,787	0,886
Гумус, %	0,827	0,740	0,953	0,842	0,956	0,554	0,831	0,454
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	0,880	0,813	0,973	0,798	0,969	0,663	0,669	0,456
Углекислота карбонатов, %	0,600	0,457	0,693	0,596	0,816	0,273	0,562	0,431
Гранулометрический состав, частицы < 0,01 мм	0,896	0,713	0,954	0,984	0,830	0,633	0,840	0,883
Эмиссия CO ₂ , CO ₂ мг/10 г	0,955	0,672	0,953	0,854	0,869	0,498	0,768	0,716

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Улица Ленинского Комсомола (IV степень транспортной нагрузки)								
рН водной вытяжки	0,914	0,904	0,989	0,970	0,883	0,974	0,882	0,900
Гумус, %	0,893	0,896	0,971	0,962	0,864	0,973	0,921	0,910
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	0,919	0,784	0,781	0,604	0,938	0,718	0,545	0,949
Углекислота карбонатов, %	0,940	0,998	0,846	0,836	0,742	0,746	0,692	0,815
Гранулометрический состав, частицы < 0,01 мм	0,954	0,830	0,852	0,689	0,966	0,789	0,778	0,965
Эмиссия CO ₂ , CO ₂ мг/10 г	0,555	0,604	0,543	0,895	0,521	0,799	0,528	0,442

Таблица 4

Средние показатели отдельных физико-химических свойств почв на участках с разной степенью транспортной нагрузки

Показатели	Степень нагрузки			
	I	II	III	IV
рН водной вытяжки	8,0	8,3	8,3	8,3
Гумус, %	5,9	6,3	6,2	5,2
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	10,3	22,5	21,0	10,8
Углекислота карбонатов, %	1,4	0,6	5,5	2,3
Гранулометрический состав, частицы < 0,01 мм	14,4	22,8	22,1	15,1
Эмиссия CO ₂ , мг/10 г	3,8	5,3	4,6	5,8

элемент. В целях установления причинно-следственных связей между содержанием металлов и почвенными характеристиками проанализированы средние показатели отдельных физико-химических свойств почв на участках с разной степенью транспортной нагрузки (табл. 4).

На участках со II и III степенями транспортной нагрузки показатели гумуса, емкости катионного обмена, гранулометрического состава достигают максимальных значений, что объясняет низкие показатели концентраций подвижных форм Zn, Cu, Pb на данных участках. Органическое вещество значительно фиксирует тяжелые металлы, однако содержание и состав органического вещества почв не влияет на подвижность Cd, показатели которого практически одинаковы на всех участках. Емкость катионного обмена является обобщающим показателем, обусловленным содержанием илстой фракции и органического вещества, значения которых

на участках со II и III степенями транспортной нагрузки максимальны, что, в свою очередь, определяют удерживающую способность почв по отношению к тяжелым металлам и низкие концентрации подвижных форм.

Высокие показатели эмиссии CO₂ (5,3 и 4,6) на участках со II и III степенями транспортной нагрузки определяют снижение подвижности металлов на данных участках, возможно связанной с их переходом в живое вещество либо их иммобилизацией живыми организмами [1, 2, 4, 8].

Отдельные почвенные характеристики (гумус, емкость катионного обмена, углекислота карбонатов, гранулометрический состав) участка с низким уровнем нагрузки (IV) сопоставимы с аналогичными значениями, фиксируемыми на участке с максимальным транспортным прессом (I), что объясняет близость числовых значений концентраций подвижных форм элементов, установленных на данных участках.

Для величины рН при практически одинаковых значениях (8,0 – 8,3) достоверно определить степень влияния на подвижность элементов на отдельных участках не представляется возможным, однако в ряде литературных источников отмечается, что в целом увеличение значения рН сопровождается снижением мобильности ионов тяжелых металлов [1, 2, 4, 8].

По результатам оценки химического загрязнения почв придорожного полотна факт превышения валовых и подвижных концентраций Zn, Cu, Pb, Cd относительно фонового содержания и горизонта С установлен на всех экспериментальных участках.

На участках с I и II степенями транспортной нагрузки установлено превышение нормативов ПДК валового содержания Pb в 1,4 – 2,0 раза, что подтверждает значимость роли автотранспорта в загрязнении почв урбоэкосистем.

Анализ концентраций подвижных форм металлов не подтверждает прямую зависимость от интенсивности воздействия автотранспорта как источника загрязнения. Превышение концентраций подвижных форм Zn, Cu, Pb относительно установленных нормативов зафиксировано на участках как с очень высокой степенью транспортной нагрузки (I), так и на участках, где воздействие автотранспорта минимально (IV), что позволяет предполагать наличие особых почвенных условий, способствующих их переходу в активное состояние, представляющее потенциальную угрозу другим компонентам урбоэкосистемы, в том числе биоте.

Положительные значения коэффициента корреляции отмечаются на всех участках для всех металлов независимо от степени транспортной нагрузки и того, в какой форме находится исследуемый элемент.

При сравнительном анализе отдельных почвенных характеристик (гумус, емкость катионного обмена, углекислота карбонатов, гранулометрический состав) и значений концентраций подвижных форм элементов на аналогичных участках подтверждена прямая обусловленность мобильности тяжелых металлов свойствами почвы.

Список литературы

1. Алексеенко, В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитящих ландшафтов / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. – Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2013. – 388 с.

2. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астрей-2000, 1999. – 610 с.
3. Юдина, Е. В. Экологическое состояние почвенного покрова города Абакана / Е. В. Юдина // Экология урбанизированных территорий. – 2015. – № 3. – С. 44 – 49.
4. Дабахов, М. В. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов : монография / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. – Нижний Новгород : Изд-во НИУ РАНХиГС, 2014. – 300 с.
5. Трофименко, Ю. В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов : монография / Ю. В. Трофименко, М. Р. Якимов. – М. : Логос, 2013. – 464 с.
6. Самохвалов, С. Г. Методические указания по определению углекислоты карбонатов в почвах / разработ. и сост. С. Г. Самохвалов // Всесоюз. произв.-науч. об-ние по агрохим. обслуж. сел. хоз-ва «Союзсельхозхимия», Центр. ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва. – М. : Изд-во ЦИНАО, 1984. – 22 с.
7. Методы исследований органического вещества почв / ред. А. И. Еськов, В. А. Черников, С. М. Лукин, И. В. Русакова. – М. : Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – 521 с.
8. Дабахов, М. В. Экоотоксикология и проблемы нормирования / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова // Нижегородская гос. с.-х. академия. – Нижний Новгород : Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.

References

1. Alekseyenko V.A., Alekseyenko A.V. *Khimicheskiye elementy v geokhimicheskikh sistemakh. Klarki pochv selitebnykh landshaftov* [Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes], Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo YUFU, 2013, 388 p. (In Russ.)
2. Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape], Moscow: Astreya-2000, 1999, 610 p. (In Russ.)
3. Yudina Ye.V. [Ecological state of the soil cover of the city of Abakan], *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of urbanized territories], 2015, no. 3, pp. 44-49. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Dabakhov M.V., Dabakhova Ye.V., Titova V.I. *Ekologicheskaya otsenka pochv urbanizirovannykh landshaftov: monografiya* [Ecological assessment of soils of urbanized landscapes: monograph], Nizhniy Novgorod: NIU RANKhiGS, 2014, 300 p. (In Russ.)
5. Trofimenko Yu.V., Yakimov M.R. *Transportnoye planirovaniye: formirovaniye effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov: monografiya* [Transport planning: formation of efficient transport systems of large cities: monograph], Moscow: Logos, 2013, 464 p. (In Russ.)
6. Samokhvalov S.G. *Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu uglekisloty karbonatov v pochvakh* [Methodological instructions for determining the carbon dioxide of carbonates in soils], Moscow: TSINAO, 1984, 22 p. (In Russ.)
7. Yes'kov A.I., Chernikov B.A., Lukin S.M., Rusakova I.V. [Eds.]. *Metody issledovaniy organicheskogo veshchestva pochv* [Methods of studying the organic matter of soils], Moscow: Rossel'khozakademiya – GNU VNIPTIOU, 2005, 521 p. (In Russ.)
8. Dabakhov M.V., Dabakhova Ye.V., Titova V.I. *Ekotoksikologiya i problemy normirovaniya* [Ecotoxicology and Normalization Problems], Nizhniy Novgorod: Izdatel'stvo VVAGS, 2005, 165 p. (In Russ.)

The Role of Individual Soil Characteristics in Accumulation of Heavy Metals (Zn, Cu, Pb, Cd) Under Conditions of Urban Environment (on the Example of the City of Abakan)

E. V. Yudina

*Ministry of Natural Resources and Ecology Republic of Khakassia,
Abakan, Republic of Khakassia*

Keywords: urban ecosystem urban soils; technogenic pollution; vehicles; cargo loads; heavy metals; assessment of chemical contamination; accumulation; total contents; available forms; physico-chemical properties of soils.

Abstract: In order to establish the role of the properties of urban soil in the accumulation of heavy metals, the main source of which is the vehicles, the assessment of chemical contamination of surface horizons of soils located close to highways with different degree of traffic load was made; and also a number of soil characteristics were analyzed. Using the atomic absorption spectrometry, gross and mobile forms of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) were found in the soil samples; the organic matter content, water extract pH, cation exchange capacity, particle size distribution, carbon dioxide, carbonates, CO₂ emissions were detected by the absorption method. The assessment of chemical contamination established the fact that the gross and mobile concentrations of Zn, Cu, Pb, and Cd exceed the background content and the metal content in the soil-forming rock in all the experimental sites. In the areas with a high degree of transport load, an excess of the maximum permissible concentration of the gross Pb content was recorded, which proves the importance of the role of motor transport in soil pollution of urban ecosystems. The exceeding the concentrations of mobile forms of Zn, Cu, Pb, relative to the established standards, were recorded on the sites, regardless of the transport load, which confirms the presence of special soil conditions that promote their mobility. The comparative analysis of individual soil characteristics (humus, cation exchange capacity, carbonate carbonate, granulometric composition) with the values of the concentrations of mobile element forms at similar experimental sites, confirmed the conditionality of the mobility of heavy metals by soil properties. The results of the study allow determining with a certain degree of reliability the physical and chemical properties of soils as a decisive factor in the accumulation of heavy metals, including their mobile compounds, which in turn are potential sources of pollution of other components of the urban environment.

© E. В. Юдина, 2018