

УДК 550.424.6

## ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПОЧВАХ ГОРОДА СВОБОДНОГО (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2014 Н.А. Бородина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Поступила в редакцию 13.05.2014

Исследовано валовое содержание и кислоторастворимые формы тяжелых металлов (Cu, Zn, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, Cd) в почвах урбанизированных территорий г. Свободного. Выявлены закономерности накопления тяжелых металлов в почвах в зависимости от уровня техногенного загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, городские почвы, техногенное загрязнение*

Загрязнение городских почв тяжелыми металлами (ТМ) приобретает характер глобальной экологической проблемы из-за разнообразия техногенных источников, активного включения металлов в процессы биогеохимической миграции и их токсичности для живых организмов. Изучением загрязнения почв ТМ г. Благовещенска – областного центра Приамурья и г. Белогорска занимались многие исследователи [2, 3, 8, 11]. Экологические проблемы других малопромышленных городов Приамурья, в том числе техногенное загрязнение почв ТМ, практически не изучены. Для г. Свободного эти проблемы особенно актуальны, так как вблизи посёлка Углегорск Свободненского района строится космодром «Восточный», а ракетно-космическая техника – это один из важных источников антропогенного воздействия на экосистемы.

**Цель работы:** исследование особенностей накопления ТМ под влиянием воздействия природных и антропогенных факторов на основании оценки содержания их кислоторастворимых форм в урбанизированных почвах г. Свободного.

**Характеристика района исследования.** Город Свободный – второй по занимаемой площади город Амурской области – 225 км<sup>2</sup>, с населением 60 тысяч человек [1]. Свободный расположен на правом берегу р. Зея (основной приток Амура), в 130 км севернее г. Благовещенска. В городе находится несколько мелких предприятий с небольшими объемами производств. Из действующих предприятий к настоящему времени остался вагоноремонтный завод и

ремонтно-эксплуатационная база речного флота (в составе порта). Более 80% предприятий, выпускающих продукты питания, относятся к малому предпринимательству. К основным источникам выбросов загрязняющих веществ, характерных для г. Свободного, относятся объекты жилищно-коммунального хозяйства (в городе много котельных, работающих на угле) и автомобильный транспорт. Кроме этого, автотранспорт является также источником поступления пыли. Загрязнение воздуха происходит не только при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания, но и при истирании шин о поверхность дорожного покрытия. Образующая при этом пыль бывает обогащена свинцом, цинком и кадмием [12]. По данным ГИБДД УВД по Амурской области в г. Свободном зарегистрировано 14453 единицы автотранспорта. На 1 км<sup>2</sup> при плотности населения 267 человек приходится 64 автомобиля, это без учета транзитного транспорта. Газопылевые выбросы предприятий и автотранспорта создают мощные техногенные потоки токсичных веществ, в том числе ТМ, загрязняющих все компоненты городской среды: почву, растения, воздушное пространство, снеговой покров [3, 8].

**Объекты и методы исследования.** Отбор образцов почв проводили с июля по сентябрь 2009–2010 гг. с 8 пробных площадок, включая фоновую. В качестве фона использовали территорию соснового бора в 25 км северо-западнее города. Валовое содержание ТМ (Cu, Zn, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, Cd) в почвах определяли после разложения смесью концентрированных кислот: фтористоводородной, азотной и соляной с последующим растворением в растворе 1 М соляной

Бородина Нина Александровна, инженер-исследователь аналитического центра. E-mail: Borodina53@yandex.ru

кислоты [9]. Для характеристики техногенной составляющей в загрязненных почвах использовали кислоторастворимые формы ТМ в вытяжках 1 М НСL, отношение почва: раствор – 1:10. Суспензия взбалтывалась на ротаторе в течение 1 часа с последующим фильтрованием [10].

Были рассчитаны коэффициенты концентраций ( $K_i$ ), как отношение фактического содержания определяемого вещества в исследуемом объекте ( $C_i$ ) к фоновому ( $C_f$ ) по формуле:  $K_i = C_i/C_f$ . Суммарный показатель химического загрязнения рассчитывали по формуле:  $Z_c = \sum K_{ci} - (n-1)$ , где ( $Z_c$ ) – суммарный показатель химического загрязнения;  $K_c$  – коэффициенты концентраций элементов;  $n$  – число определяемых загрязнителей [12]. Содержание ТМ в экстрактах определяли методом атомно-абсорбционного анализа на спектрофотометре 1 класса «Хита-чи»-180-50, в пламени ацетилен-воздух. Свинец

и кадмий – на ААС «Анналист 400» по методике КХА ПНДФ 14.1:2.214-06.

**Результаты и их обсуждение.** На всех исследованных точках города содержание ТМ в почвах, кроме Cr, не превышает ПДК и ОДК для почв, хотя и наблюдается более интенсивная аккумуляция этих элементов в городских почвах по сравнению с фоновой территорией. В трех точках города отмечено превышение ПДК для почв по хрому в 1,1-1,9 раз (табл. 1). В порядке уменьшения среднего валового содержания ТМ образуют следующий убывающий ряд:  $Mn > Cr > Zn > Pb > Ni > Cu > Co > Cd$ . Коэффициенты концентраций валового содержания ТМ в верхнем горизонте городских почв составляют: для Mn – 1,0-2,7; Zn – 1,3-3,3; Cu – 1,2-3,6; Cr – 0,5-5,5; Ni – 0,6-2,7; Co – 1,3-3,3; Pb – 2,1-7,7; Cd – 0,4-1,4, их можно расположить в следующей убывающей последовательности:  $K_{Pb} > K_{Cr} > K_{Cu} > K_{Zn} = K_{Co} > K_{Mn} > K_{Ni} > K_{Cd}$ .

**Таблица 1.** Валовая концентрация тяжелых металлов в верхнем горизонте почв, мг/кг

Место отбора	Cu	Zn	Mn	Cr	Ni	Co	Pb	Cd	Z <sub>c</sub>
ж/д вокзал	<u>15,0</u> 1,25	<u>59,0</u> 1,8	<u>299</u> 1,0	<u>18,0</u> 0,5	<u>12,1</u> 0,8	<u>10,0</u> 1,7	<u>44,8</u> 3,6	<u>0,9</u> 0,9	4,5
электро-аппаратный завод	<u>17,0</u> 1,4	<u>56,0</u> 1,75	<u>276</u> 1,0	<u>29,0</u> 0,9	<u>9,3</u> 0,6	<u>8,0</u> 1,3	<u>45,6</u> 3,6	<u>0,4</u> 0,4	4,0
городской парк	<u>23,0</u> 1,9	<u>113</u> 3,5	<u>407</u> 1,4	<u>37,0</u> 1,1	<u>26,5</u> 1,76	<u>18,0</u> 3,0	<u>96,9</u> 7,75	<u>0,8</u> 0,8	14,2
детский дом «Надежда»	<u>14,0</u> 1,16	<u>41,0</u> 1,3	<u>763</u> 2,7	<u>116</u> 3,6	<u>40,4</u> 2,7	<u>19,0</u> 3,2	<u>31,1</u> 2,5	<u>1,0</u> 1,0	11,1
городская больница	<u>30,0</u> 2,5	<u>106</u> 3,3	<u>717</u> 2,5	<u>104</u> 3,2	<u>30,0</u> 2,0	<u>9,4</u> 1,5	<u>26,7</u> 2,1	<u>1,4</u> 1,4	11,5
ДОК (зона тюрьмы)	<u>16,0</u> 1,3	<u>70,0</u> 2,2	<u>523</u> 1,9	<u>34,0</u> 1,1	<u>19,4</u> 1,3	<u>20,0</u> 3,3	<u>40,9</u> 3,3	<u>1,1</u> 1,1	8,5
вагоно-ремонтный завод	<u>44,0</u> 3,6	<u>82,0</u> 2,5	<u>516</u> 1,8	<u>178</u> 5,5	<u>26,0</u> 1,7	<u>14,0</u> 2,3	<u>34,5</u> 2,8	<u>0,9</u> 0,9	14,1
среднее	22,7	75,3	500	73,7	23,4	14,0	45,8	0,9	9,7
фон	<u>12,0</u> 1	<u>32,0</u> 1	<u>280</u> 1	<u>32,0</u> 1	<u>15,0</u> 1	<u>6,0</u> 1	<u>12,5</u> 1	<u>&lt;1,0</u> 1	1,0
ПДК			1500	90					
ОДК (рН КСl >5,5)	132	220			80		130	2	

Примечания: 1 – числитель – валовая концентрация ТМ, знаменатель – коэффициент концентраций; 2 – ПДК [5], ОДК [6]

Согласно ориентировочной шкалы по суммарному показателю загрязнения почв ( $Z_c$ ) тяжелыми металлами [12], исследуемые территории города имеют допустимый уровень загрязнения почвы ( $Z_c < 16$ ). К самым загрязненным участкам по валовому содержанию ТМ в поверхностном слое почв города можно отнести территории вагоно-ремонтного завода и городского парка (табл.а 1). Для почв г. Свободного характерны повышенные концентрации ТМ по сравнению с фоновой территорией вследствие того, что в условиях города валовое содержание

ТМ в почве представляет собой сумму природного элемента плюс техногенный привнос [4].

Для ориентировочной оценки степени техногенного загрязнения почв ТМ использовали вытяжку на основе 1 М НСl, обладающей высокой экстрагирующей способностью по отношению к ТМ, которые могут поступать в почву при техногенном загрязнении [7]. Вклад техногенной составляющей в общее содержание ТМ в почве рассчитывали как отношение содержания ТМ в кислотной вытяжке к их валовому содержанию, выраженному в процентах (табл. 2).

**Таблица 2.** Кислоторастворимые формы ТМ (мг/кг) в верхнем горизонте почв

Место отбора	Cu	Zn	Mn	Cr	Ni	Co	Pb	Cd
ж/д вокзал	<u>8,1</u> 54,0	<u>28,0</u> 47,4	<u>156</u> 52,3	<u>5,0</u> 27,7	<u>3,4</u> 28,1	<u>4,3</u> 43,0	<u>30,6</u> 68,3	<u>0,2</u> 22,2
электро-аппаратный завод	<u>5,3</u> 31,2	<u>12,7</u> 22,7	<u>173</u> 62,8	<u>5,1</u> 17,6	<u>2,8</u> 30,1	<u>3,2</u> 40,0	<u>17,6</u> 38,6	<u>&lt;1,0</u> <1,0
городской парк	<u>7,8</u> 33,9	<u>27,0</u> 23,9	<u>152</u> 37,5	<u>6,6</u> 17,8	<u>1,8</u> 6,8	<u>0,9</u> 5,0	<u>35,7</u> 36,8	<u>0,1</u> 12,5
детский дом «Надежда»	<u>5,1</u> 36,4	<u>24,0</u> 5,8	<u>256</u> 33,6	<u>11,5</u> 9,9	<u>3,8</u> 9,4	<u>3,0</u> 15,8	<u>18,8</u> 60,4	<u>0,2</u> 20,0
городская больница	<u>6,6</u> 22,0	<u>15,1</u> 14,2	<u>180</u> 25,1	<u>11,1</u> 10,7	<u>2,5</u> 8,3	<u>1,7</u> 18,1	<u>10,9</u> 40,8	<u>0,2</u> 14,3
ДОК (зона тюрьмы)	<u>5,2</u> 32,5	<u>23,0</u> 32,8	<u>135</u> 25,8	<u>6,2</u> 18,2	<u>3,0</u> 15,4	<u>2,0</u> 10,0	<u>30,3</u> 74,1	<u>0,1</u> 9,1
вагоно-ремонтный завод	<u>21,2</u> 48,2	<u>32,0</u> 39,0	<u>182</u> 35,3	<u>21,8</u> 12,2	<u>6,6</u> 25,4	<u>4,0</u> 28,5	<u>22,8</u> 66,1	<u>0,3</u> 33,3
фон	<u>2,6</u> 21,0	<u>3,7</u> 11,5	<u>122</u> 43,6	<u>0,9</u> 2,8	<u>2,0</u> 13,3	<u>0,5</u> 8,3	<1,0	<1,0
ПДС	50,0	60,0	600	15,0	36,0	12,0	60,0	1,0

Примечания: 1 – числитель – кислоторастворимые формы ТМ, знаменатель – % от валового содержания; 2 – ПДС – предельно допустимые содержания [13]

Кислоторастворимые формы ТМ определяли в верхнем горизонте почв, так как все загрязнители, поступающие с техногенными потоками, аккумулируются, в основном, в верхнем слое в результате сорбции и комплексообразования с органическим веществом, чему способствует нейтральная и слабощелочная среда и повышенное содержание гумуса в верхних горизонтах почвы. Согласно полученным результатам, в поверхностном слое почв г. Свободного содержится 22-54% кислоторастворимых форм Cu; 5,8-47% – Zn; 25-62% – Mn; 10-27% – Cr; 6,8-30% – Ni; 5-43% – Co; 36-74% – Pb; <1-33% – Cd, что в 2-30 раз больше фоновых показателей. Повышенная доля ТМ, экстрагируемых 1 М HCl, указывает на техногенность происхождения элемента, так как ТМ, поступающие с техногенными потоками, характеризуются более высокой растворимостью, чем природные, находящиеся в составе почвенных растворов [4]. Данные анализа кислоторастворимых форм ТМ показали, что основными техногенными загрязнителями почв г. Свободного являются Pb, Mn, Cu, Zn. Исходя из данных табл. 2, можно отметить незначительное превышение ПДС для кислоторастворимых форм ТМ по Cr в 1,5 раза в одной точке. Наибольший вклад техногенной составляющей (в % от валового содержания) ТМ в почвах г. Свободного отмечен для Pb, а наименьший – для Cr, с образованием следующего ряда техногенности: Pb>Mn>Cu>Zn>Co>Cd>Ni>Cr.

**Выводы:** проведенные исследования показали, что в загрязненных почвах увеличивается доля ТМ, извлекаемых с помощью раствора 1 М HCl. Из почв г. Свободного данной вытяжкой извлекается до 74% от валового содержания Pb,

до 62% – Mn, до 54% – Cu, до 43% – Co, до 30% – Cr, Ni и Cd, что говорит о техногенной составляющей данных элементов. Основными источниками загрязнения почв г. Свободного являются выбросы котельных и автотранспорт, выбросы которых имеют широкий ареал рассеяния в пределах городских территорий, но в целом экологическая обстановка в г. Свободном не вызывает опасения. Исследования загрязнения почвенного покрова в г. Свободном являются одним из пунктов дальнейшего экологического мониторинга в связи со строительством и вводом в эксплуатацию космодрома «Восточный».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Амурстат, территориальный орган федеральной службы. – URL: // Режим доступа: <http://amurstat.gks.ru>.
2. Бородина, Н.А. Поведение тяжелых металлов в системе «почва-растение» в условиях малопромышленного города Приамурья – Белогорска // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3(3). С. 966-969.
3. Бородина, Н.А. Содержание различных форм Cu, Zn и Mn в почвах города Благовещенска (Амурская область) / Н.А. Бородина, В.И. Голов // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2013. № 5 (171). С. 69-76.
4. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М., 2009. 184 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Изд-во стандартов, 2006. 27 с.
6. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М.: Изд-во стандартов, 2006. 27 с.

7. Касимов, Н.С. Геохимия ландшафтов зон разломов. – М.: Изд. Моск. Ун-та, 1980. 120 с.
8. Куимова, Н.Г. Мониторинг аэротехногенного загрязнения городской среды / Н.Г. Куимова, В.И. Радомская, Л.М. Павлова и др. // Экология урбанизированных территорий. 2008. № 1. С. 93-99.
9. Методика количественного химического анализа НСАМ № 155-ХС-1. – М.: ФГУ «ЦЭК», 2006. 25 с.
10. Методические указания по определению ТМ в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
11. Радомская, В.И. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Благовещенск / В.И. Радомская, С.М. Радомский, Н.Г. Куимова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2008. № 3. С. 37-43.
12. Саев, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. 335 с.
13. Чулджиян, Х. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Х. Чулджиян, С. Корвета, З. Фацек // Экологическая конференция. – Братислава. 1988. Вып. 1. С. 5-24.

## **ASSESSMENT THE TECHNOGENIC POLLUTION BY CONTENT OF ACID-SOLUBLE FORMS OF HEAVY METALS IN URBAN SOILS OF SVOBODNIY TOWN (AMUR OBLAST)**

© 2014 N.A. Borodina

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

The total content and acid-soluble forms of heavy metals (Cu, Zn, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, Cd) in soils of urban areas of Svobodny town (Amur oblast) are investigated. The regularities of accumulation the heavy metals in soils depending on the level of technogenic environment pollution are determined.

Key words: *heavy metals, soils of town area, technogenic pollution*