

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТУПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА В ПОЧВАХ И СОПРЯЖЕННЫХ СРЕДАХ В РАЙОНЕ ГОРНО-АЛТАЙСКА

Ю. В. Робертус, Р. В. Любимов

Алтайский региональный институт экологии и рационального природопользования, с. Майма

Район г. Горно-Алтайска (агломерация Майма — Горно-Алтайск — Кызыл-Озек) является наиболее урбанизированной и, естественно, загрязненной территорией в Республике Алтай. Несмотря на отсутствие крупных и средних промышленных предприятий, объекты окружающей природной среды города подвержены заметному техногенному прессингу, в основном со стороны многочисленных котельных и автотранспортных средств. Основным фактором их воздействия является аэрозольная эмиссия тяжелых металлов (ТМ) в атмосферный воздух, среди которых ведущая роль принадлежит свинцу и некоторым другим халько- и сидерофильным элементам (Zn, Cu, Cr, Ba и др.).

На поступление и распределение выбрасываемых ТМ существенное влияние оказывают природные условия республиканского центра. Их характерные особенности заключаются в положении города в узкой слабо проветриваемой горной долине, в результате чего уноса и рассеивания выбросов практически не происходит. Этому способствуют и частые проявления воздушных инверсий, особенно в зимний период. Все это способствует накоплению ТМ в приземной атмосфере и, как следствие, аккумуляции в природных средах, главным образом в снеговом покрове и почвах, а также в донных осадках и растениях.

В рамках выполненной институтом в 2002-2003 гг. НИР по оценке уровней свинцового загрязнения почв населенных пунктов Республики Алтай одним из основных приоритетов изучения явилась территория промышленно — селитебной агломерации республиканского центра (Любимов и др., 2004). Ранее тяжелометалльное, в том числе свинцовое, загрязнение природных сред в районе города оценивалось рядом производственных и научных организаций (ПГО «Березовгеология», ГП «Алтай-Гео», ТГУ, ГАГУ и др.). С учетом этих данных краткая характеристика распределения свинца в основных депонирующих средах города приведена в таблице 1.

1. Параметры распределения свинца в снеговом покрове и почвах в районе г. Горно-Алтайска

Природные среды	n	lim, мг/кг	$\bar{X}$ , мг/кг	V, %	Источник данных
Снеговой покров (твердый остаток)	68	10-200	42.9	78.1	Попов и др., 1993*
	13	6-100	75.4	56.2	Фалалеев, 1997*
	10	9-182	66.1	76.2	Любимов др., 2004*
Почвы	141	10-300	63.3	84.6	Попов и др., 1993*
	13	10-50	23.1	46.4	Фалалеев, 1998*
	40	27-525	70.0	н.д.	Ларина и др., 1999
	125	6-300	36.6	112.6	Любимов, 2003

Примечание: \* — фондовые материалы; н.д. — нет данных

Данные таблицы 1 свидетельствуют о близких между собой средних концентрациях свинца в твердом остатке снеговых проб (ТОСП) и более широком их разбросе в почвах, что, по нашему мнению, объясняется различной репрезентативностью проведенных исследований, в том числе территориальной,

а также точностью использованных аналитических методов. В частности, по последней причине представляется завышенным среднее содержание свинца в почвах, полученное некоторыми организациями (Попов и др., 1993; Ларина и др., 1999). Обращает внимание сходство параметров распределения свинца в твердом остатке снега и почвах, что позволяет сделать вывод о его преобладающем поступлении с атмосферными выбросами и определяющей роли в свинцовом загрязнении почв города. Так, анализ результатов сопряженного опробования снегового покрова и почв, проведенного институтом в зонах влияния основных источников загрязнения, свидетельствует о наличии тесной связи свинца в твердом остатке снега и почвах, а также об ее специфике. На рисунке 1 видно, что эта линейная связь существенно отличается в зонах влияния котельных и автотранспорта, а в области их совместного влияния имеет промежуточный характер. При этом в ТОСП вблизи автомагистралей проявлено более концентрированное свинцовое загрязнение и более значимая связь с его содержанием в почвах, в то время как диапазон и уровень концентраций свинца в ТОСП вблизи котельных незначителен. Тем не менее, содержание свинца в почвах в зонах влияния котельных в целом выше, чем вблизи автодорог, поскольку их масса ТОСП почти на порядок больше.

Сходная специфика проявлена в поведении свинца в ТОСП и снеговой воде, где видны различные тенденции его распределения вблизи основных источников загрязнения (рис. 1). Это подтверждают данные о преобладании легкообменных усваиваемых почвами и растениями карбонатных форм свинца вблизи автодорог и повышенной роли менее подвижных, часто минерализованных, сульфатных форм в выбросах котельных (Иванов, 1996).

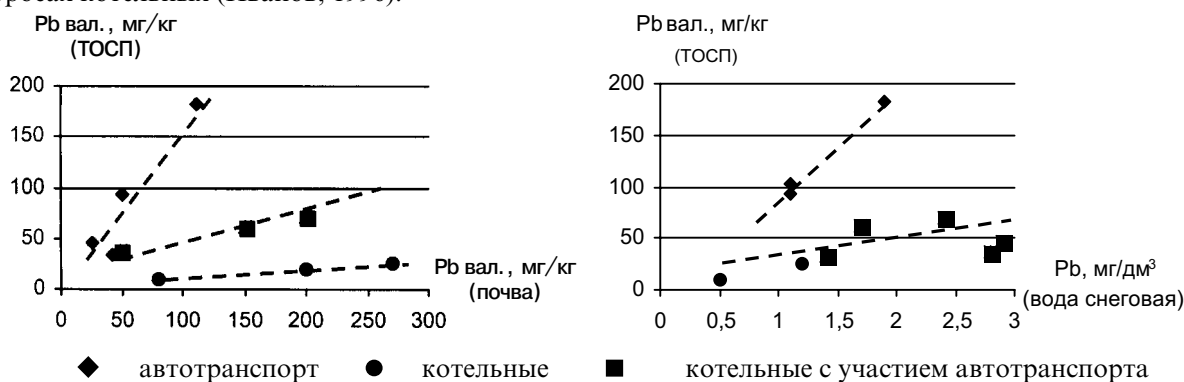


Рис. 1. Характер связей свинца в сопряженных пробах снегового покрова и почв г. Горно-Алтайска

В связи с тем, что основное экологическое значение имеют подвижные легко усваиваемые биотой формы свинца, авторами проанализировано их наличие и особенности распределения в почвах и твердом остатке снеговых проб (рис. 2). Было установлено, что содержание подвижных форм (ацетатно-аммонийная вытяжка) свинца в ТОСП прямо коррелируется с его валовой концентрацией, при этом характер линейной зависимости близок к таковой в почвах и описывается уравнением типа  $C_{\text{подв.}} = 0.5(C_{\text{вал.}} - C_0)$ , где 0.5 — коэффициент перехода свинца в ацетатно-аммонийную вытяжку, а  $C_0$  — постоянная величина, равная примерно 15 мг/кг. Эта величина характеризует средний фоновый уровень концентрации свинца и отсутствие его подвижных форм в неизмененных почвах (Любимов и др., 2004).

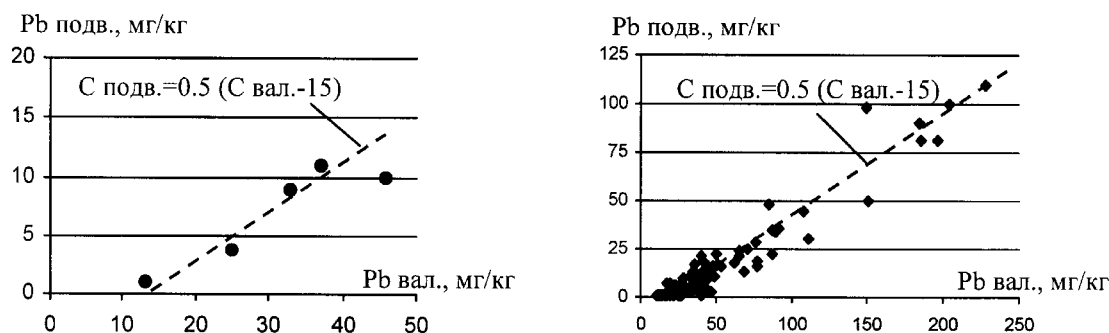


Рис. 2. Зависимость содержания подвижных форм свинца от его валовой концентрации в твердом остатке снеговых проб (слева) и почвенного покрова (справа)

Вышеотмеченная идентичность поведения подвижных и валовых форм свинца в ТОСП и почвах подтверждает тезис об его поступлении в почвы города с атмосферными выпадениями, а также позволяет предположить унаследование почвами соотношений этих форм в твердом остатке снегового покрова.

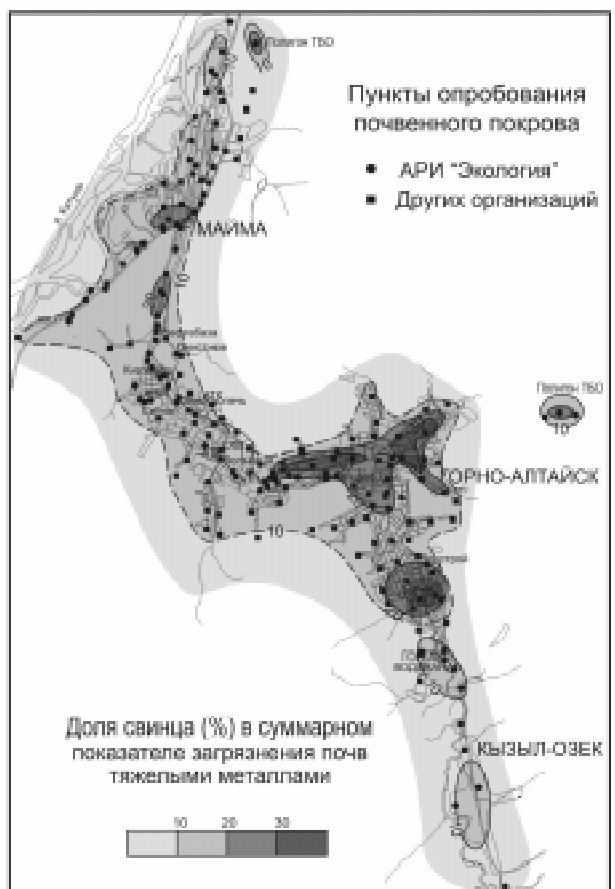
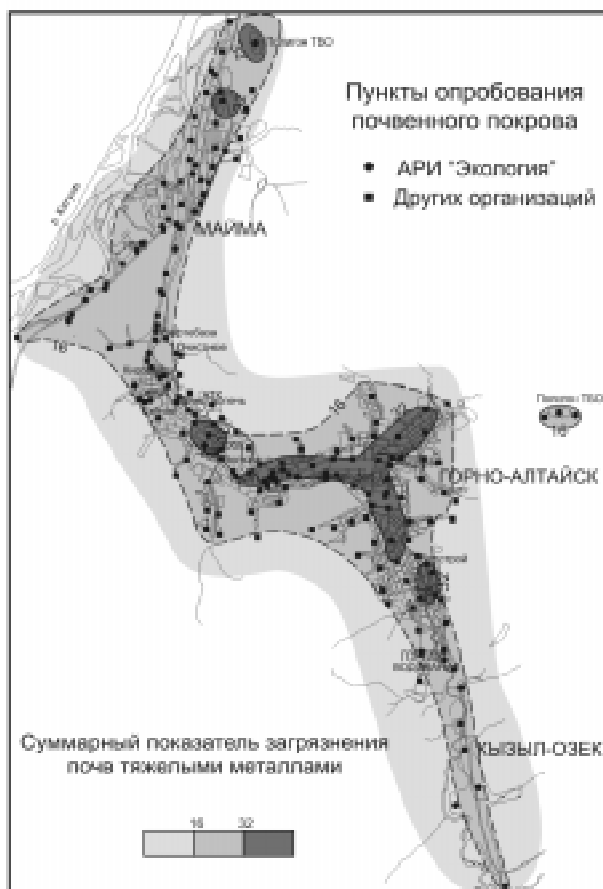
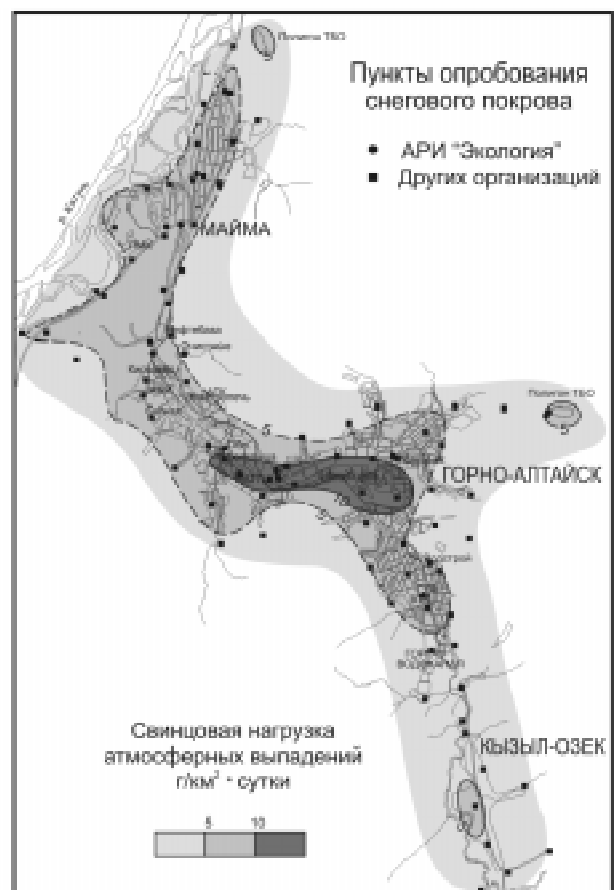


Рис. 3 Характер распределения свинцовой нагрузки в районе г. Горно-Алтайска

С учетом результатов предшествующих работ (Попов, 1993; Фалалеев, 1997, 1998) и собственных исследований, авторами проведено схематическое картографирование отдельных показателей загрязнения снегового покрова и почв в районе г. Горно-Алтайска (рис. 3).

Одним из основных показателей загрязнения приземной атмосферы в зимний период является пылевая нагрузка, среднее значение которой в пределах агломерации, по разным авторам, составляет 388-450 кг/км<sup>2</sup>·сутки, а максимальное — до 2000 кг/км<sup>2</sup>·сутки. На рисунке 3 видно, что территория г. Горно-Алтайска и с. Маймы выделяется значениями пылевой нагрузки 100 кг/км<sup>2</sup>·сутки, а центр города и основные автомагистрали — 250 кг/км<sup>2</sup>·сутки. Для рассчитанной через нее свинцовой нагрузки зимних атмосферных выпадений эти объекты выделяются соответственно значениями 5 и 10 г/км<sup>2</sup>·сутки.

Практически аналогичная ситуация установлена для тяжелометалльного, в том числе свинцового, загрязнения почв (СПЗ) на площади агломерации. Так, она в целом выделяется значениями СПЗ более 16, а центр города — более 32. Доля свинца в суммарном показателе загрязнения почв этих объектов превышает 10 и 20% соответственно.

Для оценки влияния загрязненных почв на растительный покров авторами проведен анализ связи концентраций валовых и подвижных форм свинца в сопряженных пробах почв и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), являющегося хорошим индикатором загрязнения почв тяжелыми металлами (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989). Для анализа было взято 23 образца надземной и 7 образцов подземной частей одуванчиков, произрастающих в зонах влияния автотранспорта и котельных.

Представленные на рисунке 4 результаты говорят о следующем:

- на примере одуванчика проявлены заметные различия концентраций валовых и подвижных форм свинца в системе «почва–растение» в зонах влияния основных его источников;
- эти различия более контрастны для надземной части растений, что свидетельствует о преимущественно аэрогенном поступлении в них свинца;
- вблизи автодорог в растения происходит более интенсивное (в 2-3 раза) накопление свинца, чем в зонах влияния котельных, что может быть обусловлено лучшим усвоением растениями его выбросов автотранспортом.

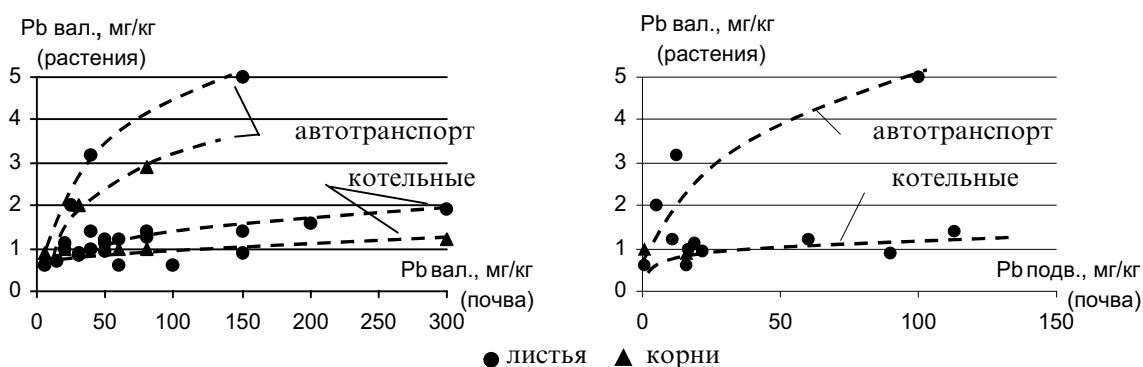


Рис. 4. Зависимость концентраций свинца в растениях от содержания его валовых и подвижных форм в почвах

Имеющиеся в настоящее время данные позволяют рассчитать интенсивность поступления свинца в объекты окружающей среды в районе республиканского центра. Известно, что его основное поступление обусловлено атмосферными выбросами, связанными зимой в снеговом покрове, а летом частично в дождевых осадках. С учетом этого в таблице 2 приведены средние концентрации свинца и его среднесуточное расчетное поступление, которые свидетельствуют о ведущей роли техногенных выбросов (около 90%) в формировании свинцового загрязнения на территории города.

## 2. Средние концентрации свинца в атмосферных выпадениях и его нагрузка в районе г. Горно-Алтайска

Дождевые осадки		Снеговая вода		Твердый осадок снега		Источник данных
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	Нагрузка Pb, г/км <sup>2</sup> ·сут.	Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	Нагрузка Pb, г/км <sup>2</sup> ·сут.	Pb, мг/кг	Нагрузка Pb, г/км <sup>2</sup> ·сут.	
3-5	0.9 – 1.5	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	Обзор..., 1999
н.д.	н.д.	н.д.	1.2	42.9	12.1	Попов, 1993*
н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	75.4	20.0	Фалалеев, 1998*
н.д.	н.д.	1.6	1.2	66.1	11.5	Любимов и др., 2004*

Примечание: \* — фондовые материалы; н.д. — нет данных

В заключение отметим в качестве предварительных выводов следующие моменты:

- поступление свинца в объекты окружающей среды в районе г. Горно-Алтайска связано в основном с атмосферными выбросами автотранспорта и котельных;
  - в свинцовом загрязнении снегового покрова, почв и произрастающих на них растений проявлена различная специфика основных источников его поступления;
  - содержание свинца в почвах — основной депонирующей его среде — находится на низком и умеренном уровне и наследует характер загрязнения снегового покрова;
  - подвижные формы свинца в почвах прямо зависят от его валовых концентраций и обусловлены, главным образом, его техногенной составляющей;
  - эколого-гигиеническая обстановка в районе г. Горно-Алтайска, обусловленная свинцовым загрязнением почв и сопряженных природных сред, за небольшим исключением, условно благоприятная и не представляет угрозы для здоровья населения.
-