

УДК 574+502.55

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ И СНЕГОВОГО ПОКРОВА ВОДООХРАННЫХ ЗОН ОЗЕР И МАЛЫХ РЕК НИЖНЕГО НОВГОРОДА

© 2010 г.

М.В. Сидоренко, В.П. Юнина

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

eco_smv@mail.ru

Поступила в редакцию 01.06.2010

Изложены результаты мониторинговых исследований загрязнения тяжелыми металлами почв и снегового покрова водоохранных зон водных объектов Нижнего Новгорода. Приведены данные по особенностям распределения тяжелых металлов (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Co, Zn) по обследуемой территории. Выявлены места геохимических аномалий, указано соответствие уровня загрязнения почв и снега фоновым значениям и предельно допустимым концентрациям.

Ключевые слова: тяжелые металлы, водоохранные зоны, загрязнение почв и снегового покрова.

В экосистемах почвы выполняют депонирующие функции по отношению к тяжелым металлам, пестицидам, углеводородам и другим химическим веществам, имеющим техногенное происхождение. Особенно высок антропогенный химический прессинг в крупных промышленных центрах, к которым и относится Нижний Новгород. Исследования содержания в почвах подвижных (химически активных) форм тяжелых металлов актуальны, в связи с их особой опасностью и потенциальной возможностью миграции и попадания в воду и пищевые цепи человека. Для изучения содержания в почве тяжелых металлов в качестве объектов исследования были выбраны водоохранные зоны малых рек и озёр, находящиеся в нагорной и заречной частях Нижнего Новгорода. К ним относятся: р. Кова, р. Кадочка, р. Старка, пруды Щёлоковского хутора, озеро Мещерское, р. Левинка, р. Борзовка. Отбор проб почвы и последующий анализ проводили в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы».

На пробных площадях были отобраны смешанные образцы. Смешанный образец составлялся из индивидуальных почвенных проб, отобранных на глубине 0–10 см. Точки отбора расположены по «конверту» пробной площадки (четыре точки в углах площадки и одна в центре). Таким образом, смешанный образец составлялся из 5-ти отдельных проб. Отбор проб почвы и снега проводился в 2006–2007 гг. Анализ почвенных проб и снега на содержание тяжелых металлов производился в Горкомэкологии г. Нижнего Новгорода. Для количественной характеристики состояния окружающей среды

результаты анализов проб были подвергнуты статистической обработке согласно методике, разработанной В.А. Алексеенко [1].

Во-первых, была установлена величина местного геохимического фона (C_{ϕ}) изучаемых элементов в почвах для каждого ландшафта. Определение местного геохимического фона возможно после установления закона, которым аппроксимируется распределение фоновых содержаний и его основные параметры, среднее значение и стандартное отклонение от среднего [1].

После определения закона распределения рассчитываются величины, считающиеся для данной конкретной выборки фоновыми. Фоновым содержанием (C_{ϕ}) при нормальном законе распределения является среднее арифметическое. За фоновое содержание при логнормальном законе распределения принимается величина, равная $ant \lg \bar{X}$ [1].

Для выявления зон загрязнений необходимо установить величины аномальных содержаний элементов в определённых частях каждого ландшафта. Определение аномальных содержаний проводится по следующим формулам:

для нормального закона

$$Ca = \bar{X} + 3S,$$

для логнормального

$$Ca = (ant \lg \bar{X}) \epsilon^3, \text{ где } \epsilon = ant \lg S.$$

После этого производится непосредственное выделение аномалий по пробам с концентрацией, равной или превышающей аномаль-

Таблица 1

**Результаты статистического анализа по содержанию подвижных форм тяжёлых металлов
в почвенном покрове на территории Н. Новгорода, мг/кг**

Районы исследования	Элементы	Среднее содержание	Квадратичное отклонение	Максимальное содержание	ОДК, мг/кг
Заречная часть города (Автозаводский, Ленинский, Московский, Сор- мовский районы)	Свинец	26.9	57.3	675.5	32
	Кадмий	0.5	2.8	1.2	0.5
	Никель	4.9	5.9	18.4	20
	Хром	4.7	7.3	76.7	6
	Медь	13.1	12.9	121.0	33
	Кобальт	2.0	0.6	7.7	5
	Цинк	34.2	22.6	140.3	55
Нагорная часть города (Нижегородский, При- окский, Советский рай- оны)	Свинец	25.4	34.2	385.0	32
	Кадмий	0.4	0.4	1.28	0.5
	Никель	3.8	2.5	18.4	20
	Хром	3.2	3.7	9.5	6
	Медь	12.6	14.9	112.3	33
	Кобальт	1.8	0.7	2.8	5
	Цинк	32.6	24.6	100.0	55

Таблица 2

Величины аномальных содержаний подвижных форм тяжёлых металлов в Н. Новгороде

Элементы	Нагорная часть	Заречная часть
Свинец	128.0	199.0
Кадмий	8.8	6.4
Никель	22.6	11.3
Хром	15.1	26.9
Медь	52.5	57.5
Кобальт	3.9	4.0
Цинк	59.7	73.7

ную. Пробы с повышенными содержаниями металлов составляют аномалию, если их рядом не меньше двух.

Химическое загрязнение почв и грунтов тяжёлыми металлами оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c), являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения. Суммарный показатель химического загрязнения характеризует степень химического загрязнения почв обследуемых территорий вредными веществами различных классов опасности и определяется по формуле:

$$Z_c = K_1 + K_2 + \dots + K_i,$$

где K_i – коэффициент концентрации загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением.

По данным проведенных нами исследований отмечается техногенный сдвиг реакции почвенного раствора в щелочную сторону (pH более 6), особенно в заречной части города. Это объясняется большим количеством находящихся здесь промышленных предприятий. В пригородной зоне, в том числе в зеленой зоне Щелоковского хутора, реакция почв кислая.

Средние содержания металлов в обеих частях города не превышают значений ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве (табл. 1). В заречной части города максимальное содержание свинца в почве превышает ОДК в 21 раз, кадмия в 5 раз, хрома в 13 раз, меди в 4 раза, кобальта в 1.4 раза, цинка в 2.5 раза, максимальная же концентрация никеля не превышает ОДК. В нагорной части города максимальное содержание свинца в почве превышает ОДК в 12 раз, кадмия в 2.5 раз, хрома в 1.6 раз, меди в 3.7 раза, цинка в 1.8 раза. Максимальные концентрации никеля и кобальта не превышают ОДК.

Для нагорной и заречной частей Н. Новгорода были рассчитаны аномальные содержания тяжёлых металлов в почве, приведённые в табл. 2.

Согласно методике [1], пробы с повышенными содержаниями металлов составляют аномалию, если их на пробной площади не меньше двух. Основываясь на результатах анализов, выделили геохимические аномалии подвижных форм тяжёлых металлов в почвенном покрове Н. Новгорода.

Значительные геохимические аномалии выделены в заречной части Н. Новгорода по свинцу, меди и цинку. Самые большие содержания

Таблица 3

Степень загрязнения тяжелыми металлами (отношение фактического содержания к фоновым значениям) почв в водоохранных зонах водных объектов Н. Новгорода

Место отбора проб	Тяжелые металлы				
	Медь	Свинец	Цинк	Никель	Кадмий
Реки нагорной части города					
Старка	4.4	5.5	12.9	5.9	0.73
Кова	5.0	3.6	18.0	8.4	0.9
Кадочка (верхнее течение)	6.0	3.3	12.8	10.3	0.73
Рахма	26.7	27.6	95.8	9.3	8.2
Реки заречной части города					
Левинка (исток)	101.0	37.9	139.8	29.5	13.9
Левинка (устье)	17.3	22.1	66.3	12.5	3.9
Черная	2.3	1.0	10.3	3.0	1.4
Борзовка	842.3	93.9	1248.0	206.8	447.8
Ржавка	20.0	8.9	77.0	7.0	1.4
Сормовский канал	2.7	1.0	9.8	1.8	1.4
Шуваловский канал	1.1	0.2	2.2	1.0	1.0
Озера нагорной части города					
Оз. Верхнее Щелоковского хутора	2.3	2.3	6.6	4.4	0.8
Оз. Среднее Щелоковского хутора	2.8	2.8	8.7	5.1	0.9
Озера заречной части города					
Сормовское (парковое)	8.8	4.7	27.7	8.9	1.0
Мещерское	1.7	0.5	8.9	26.7	1.7
Счастлиное	23.0	7.0	55.4	17.1	1.1
Озеро возле ЗКПД-4	4.6	1.5	21.5	2.0	1.0
Вторчермет	19.3	11.1	50.3	7.6	1.0
Светлоярское	5.1	1.8	16.6	6.3	1.0
Автозаводское	10.0	3.1	102.4	7.6	1.0
Дунайка	0.9	0.3	3.0	1.2	1.0

Таблица 4

Геохимические аномалии подвижных форм тяжёлых металлов в почвах водоохранных зон водных объектов Н. Новгорода

Обследованные водоохранные зоны	Аномальные содержания подвижных форм тяжёлых металлов, мг/кг						
	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Co	Zn
р. Левинка	162	-	33	32	-	-	510
р. Борзовка	351	82	375	77	853	62	2143

свинца выделены на улицах Metallургической (675.5 мг/кг), Кима (423.4 мг/кг) и в Автопарке 1 (398.2 мг/кг); большие содержания свинца наблюдаются также на улицах Подольской, Спутника, Фибролитовой и на Московском шоссе. Эти объекты располагаются вблизи крупных заводов или автомагистралей.

В нагорной части Нижнего Новгорода также выделяются геохимические аномалии: в Советском районе на ул. Светлогорской – по цинку, в Приокском районе на ул. Ларина и проспекте Гагарина – также по цинку.

Для оценки степени загрязнения почв водоохранных зон тяжелыми металлами нами использовались фоновые значения, взятые в соответствии с природными условиями для двух территорий – нагорной и заречной частей города. По данным проведенных ранее исследований [2] за фоновые показатели приняты: для нагорной части города – почвы Бугровского

лесничества (Дальнеконстантиновский район) и Работкинского лесничества (Кстовский район), для заречной части города – почвы лесного массива в Борском районе и Лукинского лесничества в Балахнинском районе.

В ходе проведенных нами исследований по оценке состояния водоохранных зон водных объектов Нижнего Новгорода определялось содержание тяжелых металлов в почвах и их отношение к фоновым значениям (табл. 3).

По данным исследований превышение содержания меди в почвах водоохранных зон по сравнению с фоном варьирует от 0.9 до 848.3 раз, а наиболее высокие величины характерны для заречной части Нижнего Новгорода, где сосредоточено значительное число промышленных предприятий. Цинком и никелем наименее загрязнены почвы водоохранных зон на периферии города, а наибольшие концентрации данных элементов выявлены вблизи промыш-

Таблица 5

Максимальные концентрации (мг/дм³) подвижных форм тяжёлых металлов в пробах снегового покрова водоохранных зон водных объектов Н. Новгорода в 2006 (над чертой) и в 2007 (под чертой) годах

Водные объекты	Медь	Никель	Цинк	Кадмий	Свинец
р. Кова	<u>0.018</u> <0.01	<u>0.013</u> <0.015	<u>0.025</u> 0.026	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
р. Левинка	<u>0.021</u> 0.06	<u>0.067</u> <0.015	<u>0.036</u> 0.27	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
оз. Среднее	<u>0.009</u> <0.01	<u>0.01</u> <0.015	<u>0.053</u> 0.022	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
оз. Мещерское	<u>0.049</u> 0.022	<u>0.026</u> <0.015	<u>0.06</u> 0.06	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
р. Кадочка	<u>0.030</u> 0.01	<u>0.013</u> 0.015	<u>0.08</u> 0.036	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
р. Старка	<u>0.16</u> 0.023	<u>0.021</u> <0.015	<u>0.12</u> 0.037	<0.001 <0.01	не определялся <0.05
р. Борзовка	<u>0.11</u> 0.023	<u>0.057</u> 0.008	<u>0.14</u> 0.07	<0.001 <0.01	не определялся 0.009

Примечание: знак «<» означает содержание тяжелых металлов в пробе ниже предела обнаружения методики.

ленных зон (кратность превышения фактического содержания цинка над фоновыми значениями колеблется от 2.2 до 1248, а никеля, соответственно, от 1 до 206.8). Загрязнение почв свинцом отмечено практически на всех обследованных водных объектах, за исключением малодоступных для автотранспорта (колебания составляют от 0.2 до 93.9). Кадмием загрязнены почвы только в заречной части города, в наибольшей степени в водоохранной зоне р. Борзовки, расположенной среди промышленных зон. Таким образом, в результате исследований выявлены места техногенных геохимических аномалий по содержанию тяжелых металлов в водоохранных зонах Нижнего Новгорода.

Геохимические аномалии подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове водоохранных зон Н. Новгорода были обнаружены только для двух водных объектов – рек Левинки и Борзовки (табл. 4). В почвах р. Левинки выделяются 4 геохимические аномалии по содержанию свинца, никеля, хрома и цинка. В почвах р. Борзовки геохимические аномалии выделяются по всем исследуемым формам тяжелых металлов.

Апробация снежного покрова производилась на территории водоохранных зон Нижнего Новгорода: р. Старка, р. Кадочка, р. Борзовка, р. Кова, р. Левинка, оз. Мещерское, оз. Среднее (Щёлоковский хутор). Пробы отбирались дважды: 20 апреля 2006 г. и 20 марта 2007 г.; результаты анализа снега на подвижные формы тяжелых металлов представлены в табл. 5. Данные по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в снеговом покрове водоохранных зон Нижнего Новгорода свидетельствуют, что концентрации тяжелых металлов находятся практически в пределах нормы. Так, самая высокая

концентрация меди (по результатам анализов в 2006 г.) наблюдалась в снеговом покрове водоохранной зоны р. Старки (0.16 мг/дм³), минимальная – в снеговом покрове водоохранной территории оз. Среднего (Щёлоковский хутор) – 0.009 мг/дм³.

Заключение

Выявлены приоритетные загрязняющие вещества в почвенном покрове для каждой исследованной водоохранной зоны: р. Кадочка – медь и никель; р. Старка – свинец, хром и цинк; р. Кова – свинец, медь, цинк и никель; Щёлоковский хутор – хром и кадмий; Мещерское озеро – никель; р. Борзовка – медь, свинец, цинк и кадмий, содержания никеля, хрома и кобальта также превышают ОДК; р. Левинка – медь, свинец, хром, цинк и кадмий, содержания кобальта и никеля также превышают ОДК.

Наибольший суммарный показатель химического загрязнения выявлен для почв водоохранной зоны р. Борзовки, он равен 805.6, что соответствует критерию «чрезвычайно опасная»; высокий суммарный показатель химического загрязнения выявлен также для почв водоохранной зоны р. Левинки, он равен 60, что соответствует критерию «опасная». Выявлено, что приоритетной по содержанию аномалий является заречная часть города, здесь наблюдаются аномалии по содержанию свинца, никеля, хрома, меди и цинка, тогда как в нагорной части города аномалии выделяются только по свинцу и цинку. На территории исследованных водоохранных объектов в нагорной части города геохимических аномалий не было выявлено, здесь почвенный покров характеризуется повышенными фоновыми содержаниями

ми подвижных форм тяжёлых металлов. В заречной части города на территории водоохранной зоны р. Борзовки выделены геохимические аномалии по содержанию всех исследуемых подвижных форм тяжёлых металлов. На территории водоохранной зоны р. Левинки выделены аномалии по содержанию свинца, никеля, хрома и цинка.

Полученные данные подтверждают необходимость дальнейшего мониторинга содержания

тяжелых металлов в почвах водоохранных и рекреационных зон Нижнего Новгорода.

Список литературы

1. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Недра, 1990. 142 с.
2. Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В., Сурова Н.А. и др. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука; МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. 286 с.

EVALUATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL AND SNOW COVER IN THE WATER PROTECTION ZONES OF LAKES AND SMALL RIVERS OF NIZHNI NOVGOROD

M.V. Sidorenko, V.P. Yunina

The results of monitoring soil and snow contamination by heavy metals in water protection zones near lakes and small rivers on the territory of Nizhni Novgorod are reported. The authors cite the data showing the peculiarities of heavy metals distribution (Pb, Kd, Ni, Cr, Cu, Co, Zn) in the territory being surveyed. The sites of geochemical anomalies are revealed; soil and snow contamination levels are matched with background values and maximum permissible concentrations.

Keywords: heavy metals, water protection zones, soil and snow contamination.