РАЗДЕЛ II. НАУКИ О ЗЕМЛЕ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 911.5.9

Волгин А.В. Волгин Д.А.
Московский государственный областной университет

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ – ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АНТРОПОГЕННО СЛАБОНАРУШЕННЫХ ПОЧВАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

A. Volgin, D. Volgin
Moscow State Regional University

CONTENT OF HEAVY METAL POLLUTANTS IN ANTHROPOGENICALLY WEAKLY DISTURBED SOILS OF THE MOSCOW REGION

Аннотация. Рассмотрена проблема загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова Московской области в условиях мощного антропогенного воздействия на экосистему столичного региона. Выявлены особенности пространственного распределения шести тяжелых металлов по таксонам почвенно-географического районирования Московской области. Сделан вывод о том, что все изученные металлы являются в той или иной степени загрязнителями почвенного покрова Московской области и что загрязнение почв обусловлено не только природным литогенным обогащением, но и антропогенным аэротехногенным загрязнением.

Ключевые слова: тяжелые металлы, антропогенная нагрузка, фоновое содержание металлов, аэротехногенное загрязнение.

Abstract. We consider the problem of soil contamination by heavy metals in the Moscow region under conditions of a severe anthropogenic impact on the ecosystem of the region. We report the main features of distribution of six heavy metals over soil-geographical districts of the Moscow region. The conclusion is made that all known metals are soil contaminants in the Moscow region and that the soil pollution is caused not only by natural lithogenous sources, but also by anthropogenous air pollutants.

Key words: pollution, heavy metals, anthropogenic load, background content of metals, aerotechnogenic pollution.

В настоящее время во многих регионах России антропогенное загрязнение почв достигло такого уровня, что представляет серьёзную опасность для жизни и здоровья населения. Тяжёлые металлы являются веществами, которые в повышенных концентрациях вызывают необратимые изменения в живых организмах, что часто приводит к мутациям и отравлениям. Поэтому изучение загрязнения почв тяжелыми металлами представляется приоритетным направлением развития геоэкологии, и особенно в зонах крупных агломераций, где плотность населения всегда значительно выше, чем в определённом регионе или стране в целом. Одной из таких агломераций является Московская – крупнейшая агломерация мира.

© Волгин А.В., Волгин Д.А., 2013.

Известно, что концентрация тяжелых металлов в почвах зависит от поступления их по четырем основным путям: аэротехногенному, гидротехногенному, агротехногенному и вейстогенному (захламления и замусоривания территории). В данной работе изучался преимущественно аэротехногенный путь поступления тяжелых металлов в почвенный покров Московской области. Вторая особенность нашего исследования состоит в том, что не рассматривались почвы пойм, периодически затопляемых речными водами во время половодий, пахотные почвы, почвы с признаками захламления и замусоривания, почвы вблизи населённых пунктов и автотрасс в полосе отчуждения в 400 м. Напротив, рассматривались почвы с естественной растительностью (антропогенно слабонарушенные). Главная задача заключалась в том, чтобы выяснить, какой уровень содержания тяжелых металлов имеется в антропогенно слабонарушенных почвах по отношению к их природному фоновому уровню.

Исследования по выявлению валового содержания тяжелых металлов в антропогенно слабонарушенных почвах проведены на 427 ключевых площадках, равномерно распределённых по всей территории Московской области. На 41-ой из них заложены почвенные разрезы и отобраны почвенные образцы по всем генетическим горизонтам профиля почв. На 386 ключевых площадках были заложены точки опробования для отбора усреднённых почвенных образцов из поверхностного минерального горизонта слоем 0-10 см. Во всех почвенных образцах определяли валовое содержание Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb рентгено-флуоресцентным методом. Краткая характеристика ключевых площадок и валовое содержания тяжёлых металлов в почвах проведена по каждому таксону почвенного районирования Московской области (рис. 1). В обобщённом виде все результаты исследований показаны в табл. 1.

Анализ полученных результатов начнём со средних для всей Московской области показателей (табл. 1) и в первую очередь рассмотрим их в сравнении с фоновым содержанием тяжёлых металлов в почвах области (табл. 2). Время между отборами почвенных образцов составило примерно полвека. Содержание хрома за это время возросло в 1,1 раза; марганца – в 1,2 раза; никеля – в 1,3 раза; меди и цинка – в 1,5 раза; свинца – в 3,5 раза. Это свидетельствует о том, что за истекшие полвека содержание тяжёлых металлов в почвах Московской области возросло, т.е. произошло загрязнение ими почвенного покрова, особенно сильное – свинцом. Второй вывод можно сделать о том, что все изученные тяжёлые металлы в той или иной степени являются загрязнителями почвенного покрова и по степени загрязнения они образуют следующий ряд по возрастающей: Cr<Mn<Ni<Cu=Zn<<Pb.

Анализ средних данных по почвенным провинциям (см. табл. 1) практически полностью подтверждает вышеприведённый вывод по всей Московской области в целом, за исключением содержания марганца в провинции серых лесных почв, где его содержание в пределах фонового уровня и, значит, здесь загрязнения почв марганцем нет, а кроме того, эта провинция может считаться «фоновой» в отношении марганца.

Анализ средних данных по почвенным округам (см. табл. 1) показывает, что Верхневолжский округ по четырём из изученных шести тяжёлых металлов – Cr, Mn, Ni, Cu – может считаться «фоновым», т.к. среднее содержание этих элементов в почвах практически не превышает среднеобластное фоновое содержание (см. табл. 2). Но по двум тяжёлым металлам – цинку и свинцу – не может считаться «фоновым», т.к. их содержание существенно (Zn – в 1,3; Pb – в 2,6 раза) превышает среднее фоновое содержание. Кроме этого, можно отметить, что в Среднерусском широколиственном почвенном округе содержание Mn, а в Смоленско-Московском почвенном округе содержание хрома практически не превышают их среднего фонового содержания.

Кроме анализа по средним данным (табл. 1), проведён анализ по каждой ключевой площадке, когда содержание тяжёлых металлов в почвах сравнивали с максимальным фоно-

Рис 1 Почвенно-географическое районирование Московской области (составлено автором). М 1:1500000

А. Среднерусская провинция дерново-подзолистых почв.
I.Верхневолжский низменный округ.
1.Лотошинский район.
2.Приволжский район.
3.Придубнинский район.
II.Смоленско-Московский возв. округ.
4.Можайский район.
5.Клинско-Дмитровский-Серг. район.
6.Наро-Истринский район.
III.Москворецко-Окский равнинный округ.
7.Пахра-Москворецкий район.
8.Пахра-Нарский район.
9.Подольско-Коломенский район.
10.Приокский район.
IV.Мещёрский низменный округ.
11.Западно-Мещёрский район.
12.Егорьевский район.
13.Центрально-Мещёрский район.
14.Приокский Дединово-Луховицкий район.

Б. Среднерусская провинция серых лесных почв.
V.Среднерусский возвышенно-равнинный широколиственный округ.
15.Окско-Осетринский район.
В. Среднерусская лесостепная провинция оподзоленных, выщелоченных и типичных чернозёмов и серых лесных почв.
VI. Среднерусский лесостепной возвышенно-равнинный округ.
16.Заосетринский район.

вым содержанием (табл. 2). Оказалось, что на 123 ключевых площадках, из общего их числа 427, содержание хрома превышает максимальный фоновый уровень, т.е. они должны считаться загрязнёнными. По марганцу число загрязнённых ключевых площадок оказалось 160, по никелю – 91, по меди – 117, по цинку – 123 и по свинцу – 287 из 427. Поскольку ключевые площадки закладывали равномерно по всей территории области, то можно считать, что процент загрязнённых ключевых площадок соответствует доли территории (в процентах) Московской области, загрязнённой тяжелыми металлами. Тогда получается, что почвенный покров Московской области на две трети загрязнен свинцом, более чем на треть – марганцем, более чем на четверть – хромом, медью и цинком, более чем на одну пятую – никелем (табл. 3).

Это подтверждает высказанный выше вывод о том, что почвенный покров Московской области в той или иной степени

Таблица 1

Среднее валовое содержание тяжёлых металлов в поверхностном минеральном слое почв 0-10 см и профиле почв Московской области. ($\bar{x}$±S$\bar{x}$, n – число точек опробования)

Территория		n	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb
Московская область		386	58±1,4	943±20	24±0,6	24±0,6	73±1,8	35±1,2
А.Провинц. дерн-подз. почв		348	57±1,5	946±21	24±0,7	24±0,7	74±1,9	36±1,3
Б. Провинц. сер. лесных почв		24	66±3,5	881±67	26±1,8	25±1,0	61±4,3	27±3,1
В. Провинц. чернозёмов		14	64±3,5	970±126	24±2,4	23±1,9	62±7,0	28±2,6
I. Верхневолжский округ		65	32±2,0	883±39	19±1,2	17±0,9	63±2,5	26±1,5
II. Смоленско-Московский ок.		103	54±2,2	958±45	22±1,0	21±1,0	65±2,7	29±1,4
III. Москворецко-Окский ок.		81	79±3,7	1141±55	33±1,6	33±1,2	98±5,7	35±2,3
IV. Мещёрский округ		99	61±2,6	799±26	22±1,0	22±1,0	71±3,5	48±3,4
V. Среднерусский широкол.		24	66±3,5	881±67	26±1,8	25±1,0	61±4,3	24±3,1
VI. Среднерусск. лесостеп. ок.		14	64±3,5	970±126	24±2,4	23±1,9	62±7,0	28±2,6
1. Лотошинский почв район		21	36±3,7	853±80	16±2,0	17±1,8	59±4,6	26±2,4
2. Приволжский почвенный		18	30±3,3	947±53	20±1,8	16±1,1	60±2,6	26±2,6
3. Придубнинский почв. район		26	31±3,1	864±65	20±2,4	18±1,5	68±4,5	27±2,7
4. Можайский почвенный р..		35	48±3,2	830±65	19±1,6	18±1,5	59±3,1	26±1,6
5. Клинск-Дмитр.-Сергиевск.		38	51±3,1	1063±81	20±1,4	20±1,4	69±5,5	32±3,1
6. Наро-Истринский почв. р..		30	65±4,4	1073±80	26±2,0	24±2,0	70±4,0	30±2,4
7. Пахра-Москворецк. почв.		16	63±8,8	1343±198	30±3,5	35±3,2	167±16,0	51±4,8
8. Пахра-Нарский почв. район		21	62±6,3	1164±119	25±1,6	26±2,8	75±7,8	32±3,3
9. Подольск-Коломенск. почв.		28	98±4,3	1132±30	39±2,1	35±1,4	83±4,3	24±1,7
10. Приокский песчано-равнинный почвенный район		16	84±9,0	927±94	35±4,2	35±2,0	87±5,0	45±7,0
11. Западно-Мещёрск почв. р.		39	50±4,0	743±33	19±1,7	22±1,6	67±5,1	52±6,5
12. Егорьевский почвенный р.		20	76±6,5	727±58	21±2,1	31±3,3	71±9,6	61±7,2
13. Центральн-Мещёрск. почв.		25	64±3,0	860±60	25±1,4	27±2,2	76±7,2	35±5,0
14. Приокский Дединово-Луховицкий район		15	64±5,9	947±61	24±2,1	26±1,7	69±7,4	34±3,3
15. Окско-Осётринск. почв. р.		24	66±3,5	881±67	26±1,8	25±1,0	61±4,3	27±3,1
16. Заосётринский почв. район		14	64±3,5	970±126	24±2,4	23±1,9	62±7,0	28±2,6
Содержание в профиле почв	A1	41	65±3,4	975±68	25±1,5	33±1,7	73±4,7	43±3,8
	A2	41	63±3,6	619±43	21±1,3	22±1,3	54±2,8	30±2,5
	B	41	67±4,7	439±35	26±1,9	22±1,2	46±2,8	22±2,2
	C	41	64±4,5	444±37	25±1,7	21±1,3	40±2,7	17±1,6

Таблица 2

Фоновое валовое содержание тяжёлых металлов в почвах Московской области, мг/кг

Территория	Почвы		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	Источник
Московск. область	Песчаные почвы на древнеалл.	диап. сред	- -	19-398 161	- -	1,7-24 5,7	2-42 16	- -	[1], [2]
	Суглинистые почвы, профиль	диап. сред	- -	110-1000 681	- -	3,5-31 16,2	6,2-77 48	- -	
	Суглинистые почвы, 0-10	диап. сред	- -	495-1000 805	- -	8,5-31 16,3	21-77 49	- -	
Московск. область, Солнечногорский район, АБС Чашниково	Дерно.-подз. сугл., проф.	диап. сред	30-70 53	245-940 434	7-32 18	9-24 16	18-46 34	8,0-11 9,6	[6]
	Дерно.-подз. сугл., 0-10 см.	диап. сред	40-43 41	760-940 860	12-16 14	13-18 16	37-45 41	9,1-11 10	
Московск. область	Принятое фоновое содержание	сред макс	53 70	805 1000	18 32	16 31	49 77	10 22	обобщен. автора

Таблица 3

Число и доля (%) ключевых площадок Московской области с загрязнением почвенного покрова тяжёлыми металлами

Территория	Общ. числ. ключе-вых площадок	Cr		Mn		Ni		Cu		Zn		Pb	
		Число	Доля	Число	Доля	Число	Доля	Число	Доля	Число	Доля	Число	Доля
Московская область	427	123	28,8	160	37,5	91	21,3	117	27,4	123	28,8	287	67,2
А. Провинция дерново-подзолистых почв	384	110	28,6	144	37,5	81	21,1	110	28,6	117	30,5	266	69,3
Б. Провинция серых лесных почв	27	8	29,6	9	33,3	7	25,9	3	11,1	3	11,1	11	40,7
В. Провинция черноз. почв.	16	5	31,2	7	43,8	3	18,8	4	25,0	3	18,8	10	62,5
I. Верхневолжский округ	71	4	5,6	21	29,6	7	9,9	6	8,5	12	16,9	35	49,3
II.Смоленско- Моск. округ	112	25	22,3	40	35,7	18	16,1	18	16,1	30	26,8	70	62,5
III. Москворецко-Окск. округ	91	51	56,0	56	61,5	43	47,3	51	56,0	47	51,6	67	73,6

IV. Мещёрский округ	110	30	27,3	27	24,5	13	11,8	35	31,8	28	25,5	94	85,5
V. Среднеруск широкол. округ	27	8	29,6	9	33,3	7	25,9	3	11,1	3	11,1	11	40,7
VI. Среднеруск лесост. округ	16	5	31,2	7	43,8	3	18,8	4	25,0	3	18,8	10	62,5
1. Лотошинский почв. район	23	1	4,3	6	26,1	2	8,7	4	17,4	4	17,4	11	47,8
2. Приволжский почв. район	20	1	5,0	6	30,0	2	10,0	2	10,0	1	5,0	9	45,0
3. Придубнинский почв. район	28	2	7,1	9	32,1	3	10,7	0	0,0	7	25,0	15	53,6
4. Можайский почвенный район	38	3	7,9	8	21,1	4	10,5	4	10,5	7	18,4	22	57,9
5.Клинско-Дмитровский-Серги-евский почвенный р-он	41	8	19,5	18	43,9	4	9,8	5	12,2	11	26,8	25	61,0
6.Наро-Истринский почв. р-он	33	14	42,4	14	42,4	10	30,3	9	27,3	12	36,4	23	69,7
7.Пахра-Москворецк почв. р-он	18	5	27,8	8	44,4	8	44,4	11	61,1	14	77,8	18	100,0
8. Пахра-Нар-ский почв р-он	24	9	37,5	15	62,5	4	16,7	5	20,8	7	29,2	15	62,5
9.Подольско-Коломенский почв. р-он	31	27	87,1	24	77,4	23	74,2	22	71,0	13	41,9	21	67,7
10. Приокский песчано-равнин-ный почвенный район	18	10	55,6	9	50,0	8	44,4	13	72,2	13	72,2	13	72,2
11.Западно-Мещёрск почв. район	42	7	16,7	8	19,0	3	7,1	10	23,8	7	16,7	36	85,7
12.Егорьевский почвенный район	23	7	30,4	3	13,0	3	13,0	11	47,8	9	39,1	22	95,7
13.Центрально-Мещёрский почвенный район	28	10	35,7	8	28,6	2	7,1	10	35,7	9	32,1	21	75,0
14. Приокский Дединово-Луховиц-кий район	17	6	35,3	8	47,1	5	29,4	4	23,5	3	17,6	15	88,2
15.Окско-Осётринск. почв. район	27	8	29,6	9	33,3	7	25,9	3	11,1	3	11,1	11	40,7
16. Заосётринск почв. район	16	5	31,2	7	43,8	3	18,8	4	25,0	3	18,8	10	62,5

загрязнён тяжёлыми металлами и что все изученные тяжёлые металлы являются загрязнителями почв области, но в разной мере. По площади загрязнения тяжёлые металлы образуют следующий ряд по возрастающей: Ni<Cr=Cu=Zn<Mn<<Pb. Подобные выводы, но более детальные, можно сделать при рассмотрении результатов по почвенным провинциям, округам и районам Московской области (табл. 3).

В разных провинциях доля территорий, загрязнённых хромом, существенно не меняется, что свидетельствует, скорее всего, о некотором повсеместном литогенном обогащении им почв; в то же время не исключена и возможность загрязнения почв хромом, имеющего также повсеместный характер. Рассмотрение загрязнения хромом почвенных округов опровергает этот вывод и совершенно отчётливо показывает очень низкую долю

загрязнения почв Верхневолжского округа и очень высокую Москворецко-Окского округа. Это показывает, что Верхне-Волжский округ является по существу фоновой территорией по хрому, а Москворецко-Окский округ, наоборот, наиболее загрязнён хромом. Причём это загрязнение, скорее всего, не является антропогенным, а связано с литогенным обогащением почв хромом, что было показано выше. Анализ загрязнения почв хромом по почвенным районам подтверждает этот последний вывод. Таким образом, хром является загрязнителем почвенного покрова Московской области, но загрязнение им обусловлено главным образом литогенным обогащением, хотя частично не исключено и антропогенное загрязнение почв хромом аэротехногенным путём.

Различия в загрязнении почв марганцем при анализе по почвенным провинциям прослеживаются слабо, но при анализе по почвенным округам и по почвенным регионам выявляются очень отчётливо. Прежде всего, необходимо отметить, что вся территория Московской области довольно существенно загрязнена марганцем, не менее чем на треть. Наиболее загрязнённым оказался весь Москворецко-Окский округ. Причинами загрязнения могут быть и антропогенное загрязнение аэротехногенным путём, и литогенное обогащение.

Загрязнение почв Московской области никелем является самым низким из всех изученных тяжёлых металлов, хотя и оно является существенным – 21,3% от всей территории области. Наиболее загрязнённым является Москворецко-Окский округ, а в нём – Подольско-Коломенский район, где почти три четверти территории загрязнены никелем. Основной причиной загрязнения считаем литогенное обогащение почв никелем, хотя не исключено и частичное аэротехногенное загрязнение.

Медью загрязнено более четверти территории Московской области. Наименее загрязнённым является Верхневолжский округ, а в нём Придубнинский почвенный район, вся территория которого является фоновой территорией по меди: здесь ни на одной ключевой площадке не превышено фоновое содержание меди в почвах. Самым загрязнённым является Москворецко-Окский почвенный округ. Здесь загрязнёнными являются Пахра-Москворецкий, Подольско-Коломенский и Приокский песчано-равнинный почвенные районы. Причём загрязнение в Пахра-Москворецком районе, вплотную примыкающем к г. Москве и чрезвычайно насыщенным транспортными магистралями и индустриальными объектами, очевидно связано, главным образом с техногенным, а именно с аэротехногенным загрязнением. Загрязнение Подольско-Коломенского и Приокского песчано-равнинного почвенных районов обусловлено главным образом с литогенным обогащением почв этих районов медью и другими тяжёлыми металлами. Здесь почвы формируются на слабокарбонатных покровных отложениях, подстилаемых карбоновыми известняками и юрскими глинами, которые имеют более высокое содержание Cr, Ni, Cu, чем другие почвообразующие породы Московской области [3; 4; 5]. Таким образом, медь является загрязнителем почвенного покрова Московской области, и загрязнение ею почв связано и с природным литогенным обогащением, и с антропогенным аэротехногенным загрязнением примерно в равной степени.

Загрязнение почв Московской области цинком существенно, особенно в Москворецко-Окском округе, где загрязнено более половины территории. Наиболее загрязнённым из всех почвенных районов является Пахра-Москворецкий район с интенсивным аэротехногенным загрязнением всеми поллютантами. Здесь загрязнено цинком более трёх четвертей территории. Также сильно загрязнён Приокский песчано-равнинный район, причины загрязнения которого могут быть многообразны, в том числе и аэротехногенное загрязнение от расположенных здесь крупных источников загрязнения: г. Серпухов, г. Ступино, г. Кашира (с крупной ТЭС). Таким образом, цинк является загрязнителем почвенного покрова Московской области, и

загрязнение им происходит главным образом аэротехногенным путём.

Наиболее мощным загрязнителем почвенного покрова Московской области является свинец, которым загрязнено две трети территории области. Относительно менее загрязнены почвы Верхневолжского и Среднерусского широколиственного почвенных округов, но и здесь загрязнено 40-50% территории. Самыми загрязнёнными округами являются Мещёрский и Москворецко-Окский. В Мещёрском округе загрязнено более 85% территории. Из почвенных районов наиболее загрязнённым оказался, как и следовало ожидать, Пахра-Москворецкий, где загрязнена вся территория на 100%. Свинец, несомненно, является загрязнителем почвенного покрова Московской области, причём самым мощным, и, несомненно, главным образом аэротехногенным путём.

Таким образом, рассмотренные тяжёлые металлы являются в определенной степени загрязнителями почвенного покрова Московской области. Соотношение фоновых и загрязнённых территорий в целом по области составляет: по марганцу – 62,5% фоновых и 37,5% загрязнённых; по хрому – 71,2 и 28,8%; по никелю – 78,7% и 21,3%; по меди – 72,6% и 27,4%; по цинку – 71,2% и 28,2%; по свинцу – 32,8% фоновых и 67,2% загрязнённых территорий. Загрязнение почвенного покрова тяжёлыми металлами обусловлено природным литогенным обогащением и антропогенным аэротехногенным загрязнением, причем у хрома и никеля – в большей степени литогенное обогащение; у цинка и свинца – в большей степени аэротехногенное загрязнение; у марганца и меди – обе эти причины примерно в одинаковой степени. Некоторую информацию о загрязнении почв и о её загрязнителях может дать исследование распределения тяжёлых металлов по профилю почв (рис. 2).

Если поверхностные горизонты почв имеют более высокую концентрацию тяжёлых металлов, чем нижележащие, то это может быть связано с одной из двух или совокупностью

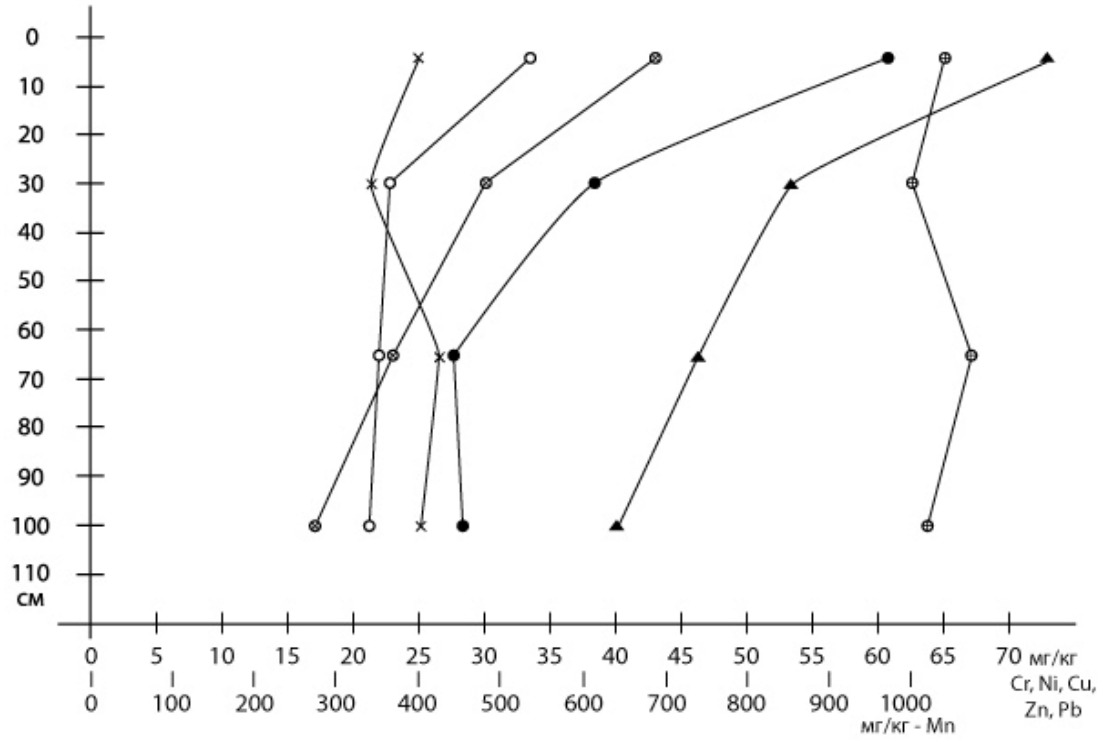

Рис. 2 . Содержание Cr (⊗), Mn (●), Ni (×), Cu (○), Zn (▲) и Pb (⊗) в профиле почв Московской области (средние данные по 41 почвенному профилю). (Составлено автором).

Таблица 4

Коэффициенты почвенной дифференциации (Kn) тяжёлых металлов в почвах Московской области

Территория, почвы	n	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	Источник
Московская обл., разные	26	-	1,5	-	1,25	1,2	-	[1]
АБС Чашниково, дерново-подз. сугл.	6	0,6	-	0,6	0,8	1,3	1,03	[6]
Московская обл., разные почвы	41	1,0	2,2	1,0	1,6	1,8	2,5	Расчеты авторов

двух причин: дифференциацией тяжёлых металлов в почвенном профиле и аэротехногенном загрязнением поверхности почв. Для конкретного ответа необходимо знать уровень накопления этих тяжёлых металлов в поверхностном горизонте фоновых почв в результате только почвенной дифференциации, а именно Kn – отношение концентрации элемента в поверхностном горизонте к концентрации его в почвообразующей породе. Если Kn элемента в исследуемом профиле почвы превышает Kn его для фоновой почвы, то значит, имеет место загрязнение почвенного покрова этим тяжёлым металлом. Если Kn элемента в исследуемом профиле почвы не превышает Kn его для фоновой почвы, то, загрязнения нет. Анализ распределения тяжёлых металлов по профилю фоновых почв (рис. 2 и табл. 1) позволили рассчитать коэффициенты почвенной дифференциации (табл. 4).

Сравнение коэффициентов почвенной дифференциации, полученных по результатам исследования и фоновым почвам [1; 6], показало, что все тяжёлые металлы, по нашим расчетам, имеют более высокие значения Kn, чем в фоновых почвах. Это подтверждает полученный вывод о том, что все изученные нами тяжёлые металлы в определенной степени являются загрязнителями почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Веригина К.В. Микроэлементы в почвах // Почвы Московской области и повышение их плодородия. – М.: Московский рабочий, 1974. – С. 371-426.
2. Веригина К.В. Цинк, медь, кобальт в почвах Московской области // Микроэлементы в некоторых почвах СССР. – М.: Наука, 1964. – С.160-175.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / 2-е изд. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 239 с.
4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 276 с.
5. Ковда В.А., Якушевская И.В., Тюрюканов А.И. Микроэлементы в почвах Советского Союза. – М.: МГУ, 1959. – 66 с.
6. Обухов А.И., Лурье Е.М. Закономерности распределения тяжелых металлов в почвах дерново-подзолистой подзоны // Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах. – М.: МГУ, 1983. – С. 55-62.