
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА "УРАЛ ПРОМЫШЛЕННЫЙ – УРАЛ ПОЛЯРНЫЙ" ДЛЯ СРЕДНЕГО УРАЛА

Семячков А.И. , Почечун В.А.

В статье дана оценка степени загрязнения компонентов окружающей среды Среднего Урала на примере почв. Показано, что список загрязняющих веществ обусловлен спецификой перерабатываемого минерального сырья. Поэтому на стадиях оценки месторождений Полярного Урала необходимо детально исследовать поликомпонентность состава минерального сырья и предусмотреть технологии его более полного обогащения с извлечением всех экологически опасных ингредиентов.

Средний Урал исторически является горнопромышленным регионом, с полным переделом руд до получения металлов и сплавов. Для этого здесь сформированы кластеры – горно-металлургические комплексы. При воздействии горно-металлургических комплексов (ГМК) происходит интенсивная техногенная трансформация окружающей среды, которая заключается в её загрязнении. Это характерно для всего Среднего Урала – старейшей горнодобывающей и перерабатывающей минеральное сырьё провинции. Геологическое развитие Уральской складчатой области предопределило формирование здесь большого количества месторождений рудных полезных ископаемых. Разработка минеральных ресурсов и переработка рудного сырья, начавшиеся три столетия назад, и в настоящее время являются основой экономики региона. В процессе добычи и переработки минерального сырья во все среды – воздух, почвы, поверхностные и подземные воды поступает большое количество загрязняющих компонентов, главным образом, металлов, создающих серьезную экологическую угрозу.

В.И. Вернадский первым раскрыл геохимический смысл преобразования природы деятельностью человека, подчёркивая возможность больших негативных последствий воздействия на природные среды, в особенности на атмосферу и гидросферу [1]. Объективность оценки состояния окружающей среды может быть обеспечена учётом распределения загрязнителей во всех ингредиентах среды на каждом этапе технологического цикла [2]. Особое значение рассматриваемая проблема имеет для урбанизированных территорий в открытых структурах складчатых поясов. Для Среднего Урала с его своеобразным геологическим строением и металлогенией, характерно природное повышенное и неоднородное содержание загрязняющих компонентов в окружающей среде, и длительная история отработки рудных месторождений и переработки сырья, сформировавших мощное техногенное загрязнение. Характерным примером для Среднего Урала является загрязнённость почв в городах горно-металлургического комплекса.

Оценка загрязнения почвенного слоя, сформировавшегося в результате атмосферного выпадения, основана на результатах его мониторинга по городам Свердловской области, проводимого УУГМС, начиная с 1992 года. К настоящему времени наблюдениями охвачены следующие города горно-металлургического профиля: Кушва, Алапаевск, Н. Тагил, Кировград, В. Пышма, Реж, Берёзовский, в некоторых они проведены повторно. Исследования включают в себя опробование и количественный анализ на следующие элементы: Pb, Cr, Mn, Zn, Cu, Co, Fe, V, Hg, Cd, Ni в кислоторастворимой, подвижной и водорастворимой формах. В ряде городов (Н. Тагил, Реж, Красноуральск) Департаментом природных ресурсов по Уральскому региону и УГГА проведены геоэкологические съёмки территорий, которые также включали в себя оценку загрязнения почв.

Таблица 1

**Статистические параметры распределения металлов в почвах городов
железородного комплекса Среднего Урала**

Элемент	Валовая форма			Подвижная форма			Водорастворимая форма		
	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	Кларк концентрации	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой
	г. Кушва								
	Количество проб 40			Количество проб 20			Количество проб 20		
Cr	28,18	35,84	0,28	0,79	78,86	2,8	0,05	70,88	0,2
Mn	1445,44	31,65	1,81	134,89	47,66	9,3	0,29	197,94	0,02
Ni	33,88	54,01	1,13	3,39	117,37	10,2	0,14	73,52	0,4
Co	22,91	21,36	2,29	0,93	136,02	4,1	0,07	55,07	0,3
Zn	64,57	37,01	1,29	17,38	119,67	26,9	0,074	59,03	0,1
Cu	79,43	79,58	3,97	4,79	116,87	6,0	1,51	33,73	1,9
Pb	52,48	35,25	5,25	6,61	110,29	12,6	0,074	76,61	,002
г. Алапаевск									
	Количество проб 50			Количество проб 25			Количество проб 25		
Cr	82,38	105,8	0,82	0,29	53,67	0,3	0,043	135,92	0,05
Mn	1384,14	53,08	1,73	300,89	85,70	21,74	0,49	102,48	0,04
Ni	146,28	97,86	4,8	10,34	103,02	7,4	0,22	83,75	0,15
Co	46,78	23,05	4,7	1,29	87,09	2,8	0,05	45,16	0,11
Zn	114,38	63,22	2,28	33,72	198,99	0,29	0,15	58,75	0,13
Cu	45,46	56,85	2,27	2,46	80,82	5,4	0,96	25,27	2,1
Pb	48,47	57,12	4,8	6,18	60,36	12,8	0,61	60,83	1,2
Cd	1,71	57,79	3,92	0,18	264,93	10,5	0,092	140,05	5,4
г. Н. Тагил									
	Количество проб 98			Количество проб 41			Количество проб 41		
Fe	17782,8	39,98	3,17						
V	162,18	59,35	1,62						
Cr	38,02	65,32	0,38	0,87	71,95	2,3	0,023	10	0,06
Mn	1071,52	48,12	1,34	134,9	71,99	12,6	0,44	110	0,04
Ni	47,86	125,8	1,59	2,6	64,75	5,4	0,17	36	0,35
Co	22,91	37,28	2,29	0,79	64,81	3,4	0,12	36	0,52
Zn	70,8	61,94	1,42	19,06	64,77	27,9	0,62	123	0,88
Cu	87,1	91,57	4,36	2,19	64,79	3,3	0,66	267	0,76
Pb	60,26	54,17	6,03	3,72	50,2	6,2	0,10	17	0,17
Cd	2,19	39,07	4,38	0,55	64,83	25,1	0,05	35	1,1
Hq	0,18	145,6	6,0						

В железорудном ГМК исследовано распределение металлов в почвах г.г. Кушвы, Алапаевска, Н. Тагила (табл.1). Анализ таблицы показывает, что в почвенном покрове городов железорудного комплекса Среднего Урала в результате атмосферных выпадений сформировалась достаточно контрастная обстановка по валовым, подвижным и водорастворимым формам металлов. Кларки концентраций сильно варьируют, однако имеется тенденция их увеличения от сидерофилов к халькофилам. Подвижные формы металлов составляют первые проценты или десятки процентов от валовых, водорастворимые доли процента или проценты. Также имеется тенденция увеличения подвижности элементов от сидерофилов к халькофилам.

Кларки концентраций средних валовых содержаний металлов в почвах городов медной промышленности (табл. 2) максимальны для халькофильных элементов ($K_K=10n$). Это относится прежде всего к городам первичного передела медных руд (г. Кировград). В г. В. Пышма (рафинирование черновой меди) почвы загрязнены металлами в меньшей степени, хотя по меди загрязнение остается достаточно высоким. Процент подвижных форм металлов от валовых здесь наиболее высок. Содержание этих форм халькофильных элементов составляет несколько десятков процентов от валовых, сидерофильных – первые десятки процентов. Водорастворимая часть металлов в почвах в процентном отношении не отличается от рассмотренного нами железорудного комплекса.

В никелевом комплексе (г. Реж, табл. 3) очень высокое содержание в почвах в валовой форме имеют никель, кадмий и кобальт ($K_K= 50.2; 23.59; 5.88$). Подвижная форма металлов составляет проценты или первые десятки процентов от валовой, водорастворимая – доли процентов.

Золоторудный комплекс (г. Березовский, табл. 4) характеризуется минимальным содержанием металлов в почвах. Наиболее высокие кларки концентраций имеет Pb.

Таким образом, в результате атмосферных выпадений пыли под воздействием ГМК в городах на Среднем Урале произошло достаточно сильное загрязнение почвенного слоя металлами. Повышенные средние концентрации ($K_K>1$) металлов в валовой форме указывают на возможное воздействие пылевых выбросов на почвы, что требует обязательного учета этих элементов в процессе нормирования. Подвижные и водорастворимые формы определяют возможность дальнейшей миграции элементов по геохимическому ландшафту.

Средние концентрации металлов в почвах городов ГМК характеризуют уровень их загрязненности и дают сравнительную оценку загрязнения между собой. Однако в пределах городов содержание металлов в почвах крайне неравномерно. Для изучения закономерностей содержания металлов в почвенном слое использован метод картографирования геохимических аномалий. На территории городов ГМК Среднего Урала проведено опробование с достаточно равномерным распределением точек по площади.

Обработка результатов произведена в виде построения поэлементных карт с помощью программы Surfer крайкинг-методом.

Наиболее контрастные аномалии в железорудном горнодобывающем комплексе (г. Кушва) выявлены по свинцу и меди и контролируются источниками выброса. В пределах совместного воздействия горнодобывающего и перерабатывающего комплексов (г. Н. Тагил) формируются несколько геохимических аномалий, причем набор элементов также расширен (рис. 1).

Таблица 2

**Статистические параметры распределения металлов в почвах городов
меднорудного комплекса Среднего Урала**

Элемент	Валовая форма			Подвижная форма			Водорастворимая форма		
	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	Кларк концентрации	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой
	г. Кировград								
	Количество проб 69			Количество проб 40			Количество проб 40		
Fe	29997,14	30,17	5,3						
V	81,48	43,65	0,81						
Cr	31,03	73,78	0,31	2,26	42,0	7,3	0,1	75,4	0,3
Mn	917,74	39,29	1,15	152,1	53,9	16,6	1,51	165,4	0,16
Ni	54,72	75,27	1,82	5,76	65,2	10,5	1,15	387,7	2,1
Co	25,61	50,98	2,5	2,88	80,7	11,2	0,27	44,7	1,0
Zn	1877,06	101,7	37,54	623,4	68,1	33,2	5,94	219,1	0,3
Cu	1216,79	120,4	60,8	249,36	104,9	20,5	6,46	92,0	0,5
Pb	304,64	93,24	30,4	104,7	146,1	34,4	0,57	89,1	0,18
Cd	6,90	94,37	13,8	4,05	73	59,7	0,09	77,9	1,3
	г. Верхняя Пышма								
	Количество проб 50			Количество проб 25			Количество проб 25		
Fe	24828,14	34,74	6,5						
V	104,99	40,88	1,01						
Cr	66,32	55,53	0,66	4,15	31,95	6,3	0,29	45,0	0,4
Mn	832,58	37,51	1,04	120,09	42,95	14,4	1,09	107,0	0,13
Ni	80,5	77,43	2,68	2,62	90,47	3,25	0,45	51,1	0,56
Co	28,41	33,46	2,8	0,56	124,82	1,9	0,26	64,03	0,19
Zn	166,94	108,2	3,34	51,45	231,33	30,8	2,94	55,6	1,76
Cu	330,2	153,9	16,5	38,36	176,7	11,6	7,24	49,66	2,19
Pb	23,85	144,5	2,3	20,49	115,38	85,9	0,46	79,23	0,3
Cd	1,3	8,01	2,6	0,33	104,96	25,4	0,051	46,33	3,9
Hg	0,14	186,6	4,7						

Таблица 3

**Статистические параметры распределения металлов в почвах
никелевого комплекса**

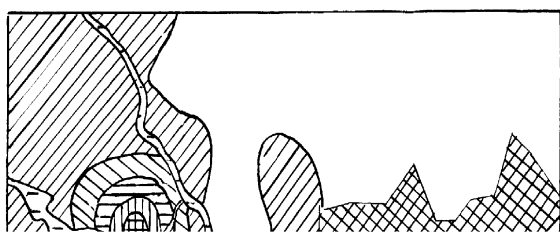
Элемент	Валовая форма			Подвижная форма			Водорастворимая форма		
	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	Кларк концентрации	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой
	Количество проб 40			Количество проб 20			Количество проб 20		
Fe	28183,83	32,48	7,42						
Cr	204,17	61,89	2,04	2,88	109	1,4	0,06	190,69	0,02
Mn	851,13	36,45	1,06	109,64	40,88	12,8	1,06	60,85	0,12
Ni	707,95	108,9	23,59	46,77	89,85	6,6	2,69	56,47	0,38
Co	58,88	85,62	5,88	2,45	93,67	4,16	0,23	31,87	0,3
Zn	158,49	88,31	3,17	30,9	103,75	0,19	1,65	48,37	1,04
Cu	39,81	68,36	1,99	2,82	73,46	7,1	0,85	65,03	2,1
Pb	50,12	70,05	5,01	8,12	76,79	16,2	0,2	34,4	0,4
Cd	25,12	191,1	50,2	9,77	169,7	9,75	0,06	176,87	0,2

Таблица 4

**Статистические параметры распределения металлов в почвах
золоторудного комплекса**

Элемент	Валовая форма			Подвижная форма			Водорастворимая форма		
	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	Кларк концентрации	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой	Среднее содержание, мг/кг	Вариация, %	% от валовой
	Количество проб 32			Количество проб 32			Количество проб 32		
Fe	23442,3	51,5	6,1						
V	64,56	35,36	0,64						
Cr	52,48	51,27	0,52	1,74	59,53	3,3	0,2	64,2	0,4
Mn	676,08	39,00	0,845	89,12	68,79	13,2	0,88	91,21	0,13
Ni	69,18	63,92	2,31	3,39	96,49	4,5	0,78	37,03	1,1
Co	18,62	31,87	1,8	0,75	57,23	4,0	0,1	52,57	0,5
Zn	114,8	107,9	2,3	19,05	224,75	16,6	1,86	90,62	1,6
Cu	74,13	89,77	3,7	3,72	100,8	5,8	1,62	44,74	2,2
Pb	70,79	72,49	7,08	9,55	116,34	13,5	0,32	64,41	0,45
Cd	2,48	30,19	4,96	0,57	129,43	22,9	0,09	61,32	3,6
Hg	0,19	118,8	6,3						

а



б



Рис. 1. Схемы загрязнения почвенного покрова г. Н. Тагил:
а - медь; б - ванадий. 1 – изолиния; 2 – река; 3 – источник загрязнения; 4 – фоновое значение; 5-9 – превышение над фоном: 5 – 1-2; 6 – 2-3; 7 – 3-4; 8 – 4-5; 9 - >5

Здесь эпицентры аномалий сидерофильных элементов (железо, ванадий) приурочены к металлургическому комплексу (ОАО "НТМК"), а халькофильных (медь, свинец) – к добывающему (ВГОК).

В меднорудном комплексе (г. Кировград, г. В. Пышма) аномалии в почвенном слое характеризуются наибольшей контрастностью. При этом доминируют халькофилы (цинк, медь, свинец, кадмий) (рис. 2).

Пространственное расположение аномалий связано с источником выбросов и подчиняется преобладающему направлению ветра.

В никелевом комплексе (г. Реж) наиболее значительные почвенные аномалии связаны с никелем и кадмием и приурочены к источнику выброса – Режскому никелевому заводу (рис. 3).

Золоторудный комплекс характеризуется (г. Березовский) наименьшей концентрацией загрязняющих веществ в аномалиях, что объясняется низким содержанием металлов в выбросах источника.

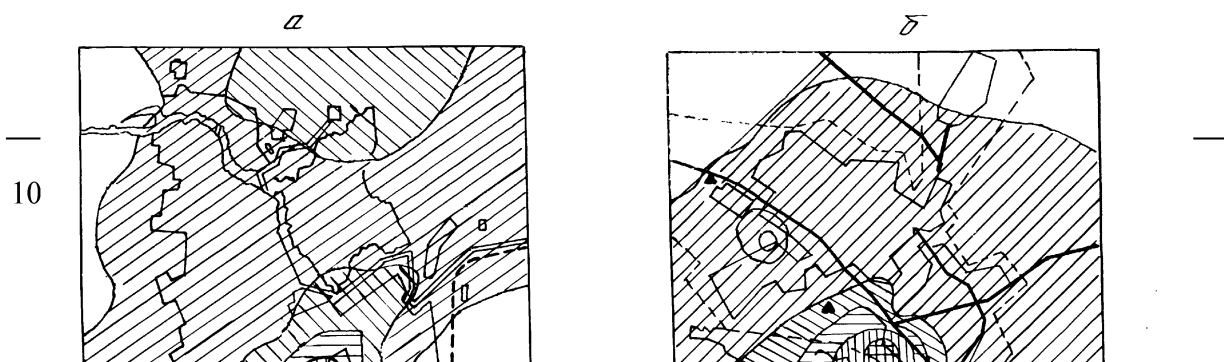


Рис. 2. Схемы загрязнения цинком почв городов: а - Кировград, б - В. Пышма в валовой форме: 1 – источник выбросов; 2 – река; 3 – озеро, пруд; 4 – железная дорога; 5 – жилые кварталы; 6 – автомобильные дороги; 7 – фоновые значения; 8-12 – превышение над фоном: а) 8 – 1-40; 9 – 41-80; 10 – 81-120; 11 – 121-160; 12 – >160; б) 8 – 1-4; 9 – 4-8; 10 – 8-12; 11 – 12-16; 12 – >16

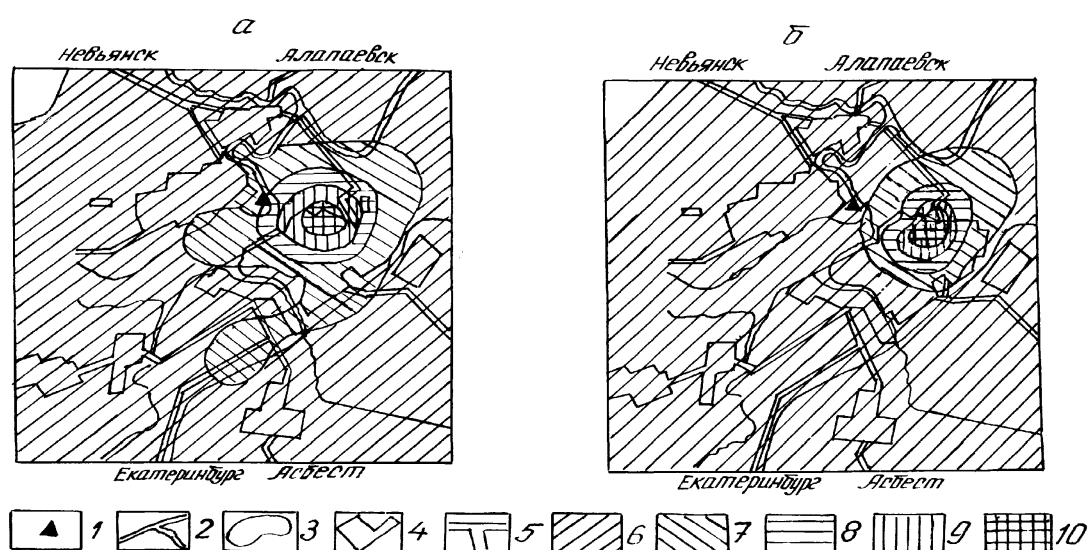


Рис. 3. Схемы загрязнения почв г. Реж :
 а – никель; б – кадмий. 1 – источник выбросов; 2 – река; 3 – озеро; 4 – жилые кварталы; 5 – автомобильные дороги; 6-10 – превышение над фоном: а) 6 – 1-50; 7 – 50-100; 8 – 100-150; 9 – 150-200; 10 – >200. б) 6 – 1-100; 7 – 100-200; 8 – 200-300; 9 – 300-400; 10 – >400

Таким образом, в результате атмотехногенного воздействия ГМК на территории городов Среднего Урала произошло загрязнение почвенного слоя металлами, форми-

рующих ассоциации. Список металлов в ассоциациях зависит от их наличия в пылевом выбросе, а значит, обусловлен спецификой перерабатываемого минерального сырья.

При разработке месторождений Полярного Урала обогащение и металлургический передел руд будет осуществляться на Среднем Урале, на сформированных горно-обогатительных и горно-металлургических кластерах. Привозное сырьё может быть экологически опасным и усилить экологическую напряжённость на Среднем Урале. Поэтому на стадиях оценки месторождений необходимо детально исследовать поликомпонентность состава минерального сырья и предусмотреть технологии его более полного обогащения с извлечением всех экологически опасных ингредиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.; Л.: Горгоснефтеиздат, 1934. 380 с.
2. Семячков А.И. Металлы в окружающей среде горно-металлургических комплексов Урала: Научное издание. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 320 с.