

## ВЛИЯНИЕ ГОРНОРУДНОГО КОМПЛЕКСА ЗАУРАЛЬЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

**Изучено содержание и распределение 63 химических элементов в горных породах, почвах луговых, лесных экосистем Зауральского горнорудного региона Республики Башкортостан, подверженных разноуровневым антропогенным нагрузкам. Установлены особенности и закономерности распределения химических элементов по профилю почв в зависимости от путей их поступления, свойств почв, наличия тех или иных геохимических барьеров, естественных аномалий и техногенных факторов.**

В условиях возрастания антропогенных воздействий на педосферу объективная оценка содержания химических элементов в почвах, особенно токсичных, приобретает большую экологическую значимость на Южном Урале – регионе, богатом полезными ископаемыми, с развитой добывающей и перерабатывающей промышленностью, опасность накопления в почвах многих химических элементов очень высокая.

В почвах региона наиболее широко изучено содержание элементов, важных с агрономической точки зрения и процессов почвообразования (Шарова, Чмелев, Радцева, 1963; Гирфанов, Ряховская, 1975; Хабиров, 1993; Багаутдинов, 2000; Серeda, 2002). Исследования по накоплению и миграции элементов, имеющих общеэкологическое значение, немногочисленны и ограничены преимущественно тяжелыми металлами (Минигазимов, 1999; Мукатанов, 2002; Галауетдинов, 2003).

Вместе с тем для рационального размещения сельскохозяйственных культур и получения экологически чистой продукции, принятия адекватных мер по детоксикации почв и рекультивации нарушенных ландшафтов необходима информация по содержанию многих других элементов, особенно первого, второго и третьего классов токсичности.

Целью работы явилось изучение содержания и распределения в профиле почв химических элементов, в том числе первого, второго и третьего классов токсичности, и оценка почв по суммарному химическому показателю.

Объектами исследований явились почвы горнорудного региона Зауралья. Почвенные разрезы закладывались на постоянных геологических стационарах: 1. Стационар Са-

фарово. Р. 15-2000, темно-серая лесная неполноразвитая, лес (сосна). 2. Стационар Комсомольск. Р. 16-2000, темно-серая лесная неполноразвитая, лес (сосна). 3. Стационар Кирыбинка. Р. 17-2000, темно-серая лесная неполноразвитая, лес (сосна). 4. Стационар Ахуново. Р. 18-2000, дерновая неполноразвитая, лес (сосна). 5. Стационар Учалинский ГОК. Р. 19-2000, почва техногенного происхождения, редколесье (сосна). Р. 20-2000, дерновая неполноразвитая, лес (сосна).

Многообразие почвообразующих пород, частая смена их на близких расстояниях, различная история происхождения, свойства и составы, а также контрастный рельеф осложняют структуру почвенного покрова региона. В полосе расчлененных предгорий по лесам сформированы преимущественно серые лесные почвы. Эти почвы часто близко подстилаются коренными породами, поэтому профиль их неполноразвитый. В типе серых лесных почв зоны преобладают темно-серые лесные почвы.

На хорошо дренированных участках под хвойными и листовенно-хвойными лесами с развитым травяным покровом на элювии коренных пород формируются дерновые литогенные почвы, зачастую также неполноразвитые.

В морфологическом строении почв выделяется лесная подстилка и дернина, более развитая в дерновых почвах, гумусово-аккумулятивный горизонт небольшой мощности, постепенно переходящий в почвообразующую породу. Иллювиальный горизонт, как правило, не выражен и полностью не сформирован.

Темно-серые лесные почвы характеризуются слабокислой реакцией среды, доволь-

но высоким содержанием гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте, которое резко уменьшается с глубиной. Содержание обменных оснований невелико.

Дерновые литогенные почвы в связи с развитым травяным покровом и небольшой мощностью профиля содержат относительно большее количество гумуса и поглощенного кальция, чем темно-серые лесные почвы и имеют средне- и сильнокислую реакцию среды.

Развитие горнодобывающей промышленности повлекло за собой нарушение почвенного покрова на значительной территории региона и формирование специфических техногенно-нарушенных почв. Эти почвы не дифференцированы по генетическим горизонтам, перемешаны с щебенкой и обломочным материалом коренных пород. Заселение таких участков естественной растительностью затруднено. Содержание органического вещества в верхних горизонтах изменяется в широком диапазоне – от высоких значений до крайне низких, кислотность определяется характером вмещающих пород.

В почвах, залегающих в зоне техногенного воздействия Учалинского горно-обогатительного комбината, наблюдается самое высокое среди изученных почв содержание многих токсичных элементов (ванадия, марганца, железа, меди, сурьмы, теллура, цезия, бария, вольфрама, свинца, висмута).

Почвы стационара Кирябинское и Ахуново выделяются чрезвычайно высоким содержанием хрома, железа, цинка и стронция, а в почвах, залегающих вблизи марганцевого рудника, – марганца. Почвы вблизи карьера по добыче золота открытым способом характеризуются также повышенным содержанием золота, серы, мышьяка, хрома и никеля.

Накопление большинства элементов в почвах Зауральского горно рудного региона обусловлено преимущественно их наличием в коренных породах, добываемых рудах и трансрегиональным переносом.

Содержание и распределение химических элементов по почвенному профилю зависит от их содержания в коренных породах, характера почвообразовательного процесса

и от многих характеристик самих элементов, таких как распространенность, подвижность, способность к биоаккумуляции в зависимости от pH среды, наличия органики и глинистых частиц.

Например, распределение определенных элементов в почвах на всех без исключения стационарах одинаково. Так, содержание некоторых элементов увеличивается по почвенному профилю от верхнего горизонта к нижнему почвообразующему. Это значит, что содержание таких элементов, как литий, титан, ванадий, галлий, гелий, иттрий, церий, торий, уран, и большинства редкоземельных элементов жестко связано с их содержанием в коренных породах.

Содержание элементов, таких как фосфор, кадмий, уменьшается по почвенному профилю сверху вниз и зависит от почвообразовательных процессов, уровня их биоаккумуляции и не связано с коренными породами.

Одним из основных критериев экологической безопасности является содержание токсичных элементов в почвах. Оценка проводится путем сравнения концентрации каждого элемента с известными пороговыми и критическими нагрузками, установленными нормативами и величинами ПДК. Поскольку нормативы содержания ряда веществ не установлены, а уровень токсичности элементов в значительной степени зависит от генетических свойств почвы (содержания гумуса, питательных элементов и вторичных минералов, pH среды, окислительно-восстановительных условий и т. д.), устойчивости естественных растений и с.-х. культур, многие ученые (Добровольский В.В., Глазовская М.А., Ковда В.А., Кабата Пендиас А., Кабата К.) считают наиболее целесообразным ориентироваться по фоновым значениям. Токсичными считаются концентрации веществ, превышающие их естественное содержание в 5, 10 и более раз. Недостатком экологической оценки по ПДК, как отмечает В.И. Кирюшин (1966), является еще и тот факт, что не учитывается сложение негативного действия нескольких элементов, каждый из которых присутствует в субкритических концентрациях. Очевидно, что если содер-

жание многих элементов повышенное, то их суммарный эффект может привести к экологическому бедствию.

Роль отдельных элементов в пределах своего класса токсичности определяли по отношению к фоновым показателям и выразили в процентах. Суммарный химический показатель рассчитали как сумму коэффициентов концентрации веществ по формуле  $Z_c = \sum K C_i^{-(n-1)}$ , где  $n$  – число определяющих элементов;  $K C_i$  – коэффициент концентрации  $i$ -го элемента,  $K C_i = C_i / C_{\Phi i}$  (Голованов и др., 2001). Фоновое значение определяли по минимальной величине и среднему значению из нескольких минимальных. Полученные результаты представлены в таблице 1. Первый класс токсичности. В Зауральском горнорудном регионе, перегруженном естественным содержанием в коренных породах хрома, никеля, кобальта, мышьяка, сурьмы, меди, цинка, свинца и др., множество токсичных элементов поступает в результате трансрегионального переноса главным образом со стороны Магнитогорска. Величина этого переноса здесь колеблется от 191,5 до 2456,6 мкг/л.

В связи с тем, что фоновые значения содержания некоторых элементов (цинка, мышьяка и селена) в почвах этого региона завышены по указанным выше причинам, для расчета вклада этих элементов в суммарный показатель загрязнения в качестве фоновых величин были взяты соответствующие данные относительно экологически чистого района Уфимского плато. Фоновые значения других элементов близки.

Как видно из таблицы 2, наиболее высокие значения суммарного показателя загрязнения в этом регионе выявлены вблизи Учалинского ГОКа (39,5-62,9), самые низкие – на стационаре Кирябинка и Ахуново под лесом. Основной вклад, независимо от общего уровня загрязнения, среди элементов 1-го класса токсичности вносят мышьяк и селен.

Содержание ртути и свинца в значительной степени определяется техногенным фактором и в меньшей мере зависит от естественных характеристик территории. Содержание ртути в почвах этого региона относительно невелико (1,5-10,2), но доля свинца достигает 30,3% в почвах вблизи ГОКа.

Таблица 1. Содержание и распределение элементов 1, 2 и 3 классов токсичности в почвах и породах Зауральского горнорудного региона

Химический элемент	Сафарово, лес		Комсомольское, луг		Кирябинка, лес		Ахуново, лес		Учалинский ГОК, лес		Учалинский ГОК, редколесье	
	почва	порода	почва	порода	почва	порода	почва	порода	почва	порода	почва	порода
1 класс токсичности												
Цинк	63,00	1530,00	51,00	37,0	55,67	47,0	57,00	37,0	191,5	48,0	105,5	48,0
Мышьяк	49,67	347,00	63,67	-	54,67	-	64,00	-	246,0	349,0	-	349,0
Селен	7,5	1,7	8,15	0	3,7	0	3,38	3,5	6,15	3,2	2,90	3,20
Кадмий	0,46	2,40	0,31	0,35	0,185	0,03	0,175	0,15	0,20	0,6	1,0	0,60
Ртуть	0,18	0,36	0,04	0	0,02	0	0,12	0,3	0,002	0,06	0,03	0,06
Свинец	23,36	1690,00	4,57	5,80	12,47	7,2	11,60	22,0	94,0	0	4,85	0
2 класс токсичности												
Хром	88,33	20,00	13,77	33,0	132,70	587,0	260,33	9,30	46,5	37,0	36,50	37,0
Кобальт	16,07	29,00	17,62	14,0	22,67	37,0	17,4	5,4	25,0	12,0	13,0	12,0
Никель	109,00	15,00	24,33	83,0	73,67	148,0	95,0	7,50	29,5	28,0	33,0	28,0
Медь	56,00	149,00	65,00	31,0	56,00	57,00	57,33	18,00	509,00	325,00	425,00	325,0
Молибден	0,54	0,50	0,18	1,2	0,24	0,21	0,85	0,56	0,72	0,67	0,99	0,67
Сурьма	0,92	-	4,53	-	3,23	-	0,225	-	3,90	1,0	4,15	1,0
3 класс токсичности												
Скандий	25,00	109,00	44,67	86,0	38,00	88,00	35,33	39,00	34,50	35,00	34,50	35,0
Ванадий	247,67	797,00	484,00	138,0	377,00	389,00	242,00	90,00	446,00	750,00	725,00	750,0
Марганец	1163,67	5990,00	1726,67	Высокое	2040,00	1750,00	899,00	1380,00	1480,00	313,00	389,00	313,0
Барий	2004,00	8250,00	2210,33	1770,0	736,55	11200,00	1851,00	6800,00	4788,00	300,00	3370,00	300,0
Стронций	103,33	98,00	340,67	487,0	204,00	135,00	227,97	730,00	113,50	96,00	104,00	96,0
Вольфрам	1,22	3,70	0,71	5,80	0,87	1,60	0,41	6,00	11,05	0,62	1,70	0,62

Второй класс токсичности. В почвах Зауральского горнорудного региона суммарный показатель загрязнения изменяется также в широком диапазоне (1,3-25,9). Минимальные значения характерны для стационара Комсомольское, максимальное – в почвах стационара Ахуново.

Вблизи Учалинского ГОКа в почвах почти половину нагрузки среди элементов 2-го класса токсичности, как и следовало ожидать, составляет медь. Доля молибдена и хрома здесь также невелика (18,2-27,6 и 15,9-18,2% соответственно).

В почвах стационаров Сафарово и Кирябинка и Ахуново преимущественно составляет хром (41,1-65,1%), относительно высоко содержание в них никеля и кобальта (18,3-28,5 и 7,6-24,4% соответственно).

Третий класс токсичности. Содержание марганца в почвах регионов возрастает с запада на восток, и его максимальные значения (30,8-44,1%) определены в почвах стационаров Комсомольское и Кирябинка, заложенных в относительной близости от карьеров по добыче марганца.

Таблица 2. Оценка содержания элементов по трем классам токсичности

№	Стационары	Класс токсичности (Z <sub>c</sub> )		
		1	2	3
1	Сафарово, лес	27,8	11,8	6,7
2	Комсомольское, луг	22,4	1,3	10,3
3	Кирябинка, лес	14,6	2,4	7,8
4	Ахуново, лес	16,6	25,9	4,9
5	Учалинский ГОК, лес	62,9	14,7	36,1
6	Учалинский ГОК, ЛЭП	39,5	13,0	9,7

Меньшими по значимости среди элементов 3-го класса токсичности являются стронций и ванадий, доля которых изменяется в диапазоне 10-20% и зависит преимущественно от содержания в коренных породах.

Таким образом, в почвах залегающих в зоне воздействия горнорудного комплекса среди элементов 1-го класса токсичности основными загрязнителями являются мышьяк и селен, 2-го класса – хром и молибден, 3-го класса – барий и марганец. Максимальное загрязнение элементами Трех классов токсичности наблюдается вблизи Учалинского ГОКа.

**Список использованной литературы:**

1. Шарова А.С., Чмелев М.П., Радцева Г.Е. Микроэлементы – медь, цинк, кобальт, молибден, марганец, бор в серых лесных почвах Башкирии // Серые лесные почвы Башкирии. Уфа, 1963. С. 209-266.
2. Гирфанов В.К., Ряховская Н.Н. Микроэлементы в почвах Башкирии и эффективность микроудобрений. М.: Наука, 1975. 171 с.
3. Хабиров И.К. Экология и биохимия азота в почвах Приуралья / УНЦ РАН. Уфа, 1993. 224 с.
4. Багаутдинов Ф.Я., Хазиев Ф.Х. Состав и трансформация органического вещества почв. Уфа: Гилем, 2000. 197 с.
5. Серeda Н.А. Агрoхимические условия воспроизводства плодородия черноземов Башкортостана. Уфа: БГАУ, 2002. 229с.
6. Минигазимов Н.С. Нефть и тяжелые металлы (экологические аспекты) // Башкирский экологический вестник. 1999. №2. С. 24-29.
7. Мукатанов А.Х. Лесные почвы Башкортостана. Уфа.: Гилем, 2002. 264 с.
8. Галауетдинов З.Х. Агрoэкологическая роль минеральных удобрений в воспроизводстве плодородия черноземов Южной лесостепи Башкортостана. Автореферат дисс. к.с.-х.н., Уфа. 2003. 24 с.
9. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос. 1996. 367 с.

**07.11.06 г.**