

УДК 622:332.368

Л.Н. Ларичев, Ю.А. Климашевский

**К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЕНИИ ИСТОЧНИКА
ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ
ТЕРРИТОРИЙ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКа)**

Рассмотрено интенсивное негативное воздействие на воздушную среду предприятий различных отраслей Губкинско-Оскольского района КМА, связанное с выбросом в атмосферу пылевых, газовых и газово-пылевых субстанций, существенно отличающихся друг от друга по агрегатному состоянию, компонентному и химическому составу. Выявлена качественная доля участия Лебединского ГОКа в антропогенном загрязнении района.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, хвостохранилище, почво-грунт.

Семинар № 1

Xорошо известно, что любая хозяйственная деятельность человека сопровождается отрицательным воздействием на окружающую природную среду (ОПС), именуемым антропогенным. Тип антропогенного воздействия и интенсивность изменения отдельных компонентов ОПС (атмосфера, почвы, поверхностные и подземные воды, животный и растительный мир, ландшафты и т.п.) зависит от специфики производственных объектов. Когда на определенной территории располагается единичный производственный объект не составляет особого труда установить степень его негативного воздействия на ОПС по отдельным ее компонентам. В тех же случаях, когда приходится иметь дело с концентрированным размещением на локальной территории нескольких предприятий различных отраслей, неизбежно возникает вопрос о степени отрицательного влияния каждого из них на ОПС, которая подвергается комплексному воздействию.

Примером территории концентрированного размещения предприятий различных отраслей является Губкинско-Оскольский район КМА, в котором располагаются как горнодобывающие и горно-обогатительные объекты (Комбинат КМА-руды, Лебединский и Стойленский ГОКи), так и предприятия металлургического (Оскольский металлургический комбинат) и строительного (Оскольский цементный завод) комплексов. Каждое из этих предприятий вносит свой вклад в негативное воздействие на ОПС, по разному влияя на ее отдельные компоненты. Общим для перечисленных производственных объектов является весьма интенсивное негативное воздействие на воздушную среду, связанное с выбросом в атмосферу пылевых, газовых и газово-пылевых субстанций, существенно отличающихся друг от друга по агрегатному состоянию, компонентному и химическому составу. Так ОМК выбрасывает в атмосферу металлургические газы и сажу, ОЦЗ – топочные газы и цементную пыль, ГОКи – газово-

пылевые субстанции в связи с массовыми взрывами и работой карьерной техники, а также пылевый материал в связи с дефляцией (выдуванием) тонкодисперсной фазы отвалов и хвостохранилищ. Все перечисленные выбросы в результате движения воздушных масс могут удаляться от источников на определенные расстояния. Безусловно, твердая и часть газовой составляющей выбросов не может сохраняться в атмосфере бесконечно долго и, в конечном итоге, в результате механического оседания и «вымывания» атмосферными осадками проецируется на земную поверхность, оказывая негативное воздействие на почвенный покров, поверхностные водные объекты, растительность. Естественно, что каждый из источников выбросов в атмосферу внесет в загрязнение поверхностных объектов свою долю, компонентный состав которой определяется особенностями производственной деятельности каждого предприятия. Так, к примеру, одним из наиболее значимых источников выбросов в атмосферу в процессе производственной деятельности Лебединского ГОКа следует считать газово-пылевые выбросы в результате массовых взрывов и пылевые выбросы в процессе дефляции тонкодисперсного материала с поверхности карьерных отвалов и хвостохранилищ. И в том и в другом случае в атмосферу, а затем и на земную поверхность попадают пылеватые частицы рудной массы или продуктов ее технологической переработки, имеющие сходные геохимические особенности, выражющиеся в высоких концентрациях железа и кремния, а также ряда сопутствующих микрокомпонентов, представление о которых может дать многоэлементный спектральный полуколичественный анализ.

С целью выявления качественной доли участия ЛГОКа в антропогенном загрязнении Губкинско-Оскольского района были проведены литологогеохимические исследования почв и грунтов территории как входящих в горный отвод этого предприятия, так и примыкающих к нему. Опробовались как сельхозугодья (пахотные земли, луга), так и рекультивированные хвостохранилища (Балка Казиновская) и техногенно нарушенные территории (балка Чуфичева). Кроме того, опробовались как «лежалые» (балка Казиновская), так и «свежие» хвосты рудообогащения. Опробование почв и грунтов проводилось по вертикали на глубину 0,5 м. В каждой точке отбиралось как вещество почвенно-растительного слоя (ПРС) в интервале 0–0,25 м, так и почвы и грунты, не затронутые корневой системой травянистых растений в интервале 0,25–0,5 м. Отобранный материал подвергался спектральному полуколичественному анализу на 49 химических элементов в АСИЦ ВИМСа им. Н.М. Федоровского.

Оценка экологического состояния почв и грунтов проводилась путем сравнения аналитических данных с нормативными значениями предельно-допустимых концентратов (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве согласно МУ.2.1.7.730-99 и СанПиН 2.17.1287-03.

В «лежальных» хвостах в рекультивированном хвостохранилище балки Казиновской [2] отмечаются следующие элементы, содержания которых близки, либо превышают ОДК для почв населенных мест – Co (1,0–1,3), Zn (1,0–1,1), V (3–16), Cr (1,3–3,3). Кроме того, в них установлены некоторые элементы, концентрации которых превышают их содержания в почвах и грунтах исследуемых терри-

торий – Si (на порядок), Fe (на порядок), Mn (в 1,3–1,7 раз), W (в 2,6–10 раз), Cu (в 1,3–3,8 раз). Одновременно, в «свежих» хвостах (табл. 1) в концентрациях равных или превышающих ОДК для почв населенных мест установлены Co (1,0), V (16), Cr (3,3), Cu (2,5). Кроме того, они характеризуются наличием ряда элементов, концентрации которых превышают их содержания в почвах и грунтах изученных территорий – Fe (на порядок), Mn (в 1,5 раза), W (в 5 раз), Cu (в 2,5 раза). Следует подчеркнуть, что именно хвости рудообогащения ПГОКа являются источником поступления значительной части загрязняющих веществ в окружающее пространство и их геохимическая специфика находит свое отражение в эколого-геохимических особенностях почв и почво-грунтов окружающих территорий.

Химико-аналитические исследования почв и грунтов свидетельствуют о том, что по концентрации большинства элементов-примесей, содержание которых в почвах лимитируется эколого-нормативными документами, они вполне благополучны, т.к. концентрации в них контролируемых компонентов не превышают значений ОДК (общепринятых количеств). Действительно (табл. 1, 2) не отмечено превышений ОДК для таких элементов как Ni, Ti, Cu, Pb, Li, Sr, Ba, Be. В то же время концентрации в них As, Sb, Bi, Mo, W, Cd, Sn, Hg, Tl, U, Th и т.п. весьма незначительны и находятся за пределами порога чувствительности аналитических методов определения, который ниже значений ОДК. Одновременно, во всех видах почво-грунтов установлены повышенные (иногда весьма значительно) концентрации V, Cr, Zn и B.

Действительно, в пахотном черноземе отмечены превышения ОДК (табл. 1) для V (в 30 раз), Cr (в 2,6 раз), Zn (в 4,2 раз), B (в 1,6 раз). В то же время в луговых черноземах установлены превышения ОДК для V (в 10 раз), Cr (в 2 раза), B (в 1,6 раза). В свою очередь насыпные черноземы характеризуются превышением ОДК для V (в 30 раз), Cr (в 3,3 раза), Zn (в 4,2 раза), B (в 1,6 раза). В техногенных грунтах, представляющих смесь чернозема и суглинка отмечены превышения ОДК для V (в 40 раз), Cr (в 2,6 раза), Zn (в 5,7 раза), B (в 1,6 раза), Co (в 1,3 раза). В смеси чернозема и мела установлены превышения ОДК для V (в 5,0 раза). В смеси чернозема и песка установлены превышения ОДК для V (в 4 раза), Co (в 1,3 раза) (табл. 2).

Таким образом, основными элементами-загрязнителями всех видов почво-грунтов на изучаемой территории являются V, Cr, Zn и B, количество которых варьирует, видимо, в зависимости от их сорбционной способности и степени приближенности к дневной поверхности. Представляется, что сорбционная способность почво-грунтов зависит от содержания в них органических веществ (в частности гумусового ряда), а также степени открытости для контакта с атмосферой. Не случайно, что максимальные концентрации элементов-примесей установлены в черноземах, причем их содержания снижаются в ряду чернозем насыпной (пахотный) – чернозем луговой, который укрыт не нарушенным почвенно-растительным слоем и менее подвержен контактам с атмосферой. Эта тенденция отмечается и для концентраций большинства остальных элементов (табл. 2). Так в насыпных и пахотных черноземах устанавливаются более высокие, чем в черноземах луговых (по сравнению с

Таблица 1
**Сравнительная литогеохимическая характеристика почв
и грунтов балки Чуфичева (%)**

Эле- мент	ОДК	Чер- нозем насып- ной	Степень превыш. ОДК	Черно- зем пахот- ный	Степень превыш. ОДК	Черно- зем лу- говой	Степень превыш. ОДК	Хвосты	Степень превыш. ОДК
Mn	0,3	0,06	0,2	0,06	0,2	0,04	0,16	0,09	0,3
Ni	0,01	0,005	0,2	0,005	0,2	0,003	0,3	0,004	0,4
Co	0,003	0,003	1,0	0,003	1,0	0,001	0,33	0,003	1,0
Ti	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,4	0,18	0,36
V	0,001	0,03	30	0,03	30	0,01	10	0,016	16
Cr	0,003	0,01	3,3	0,008	2,6	0,006	2	0,01	3,3
Cu	0,006	0,006	1,0	0,006	1,0	0,003	0,5	0,016	2,5
Pb	0,03	0,004	0,13	0,004	0,13	0,003	0,10	0,003	0,1
Zn	0,007	0,03	4,2	0,03	4,2	0,006	0,8	0,006	0,85
Li	0,005	0,005	1	0,005	1	0,004	0,8	0,003	0,6
Sr	0,06	0,003	0,05	0,003	0,005	0,003	0,05	0,003	0,5
Ba	0,04	0,02	0,5	0,01	0,25	0,01	0,25	0,01	0,25
B	0,003	0,005	1,6	0,005	1,6	0,003	1,0	0,001	0,3
Be	0,001	0,002	0,2	0,0002	0,2	0,0001	0,1	0,0001	0,1

ОДК) концентрации Co (1; 0,33), V (30; 10), Cr (3,3/2,6; 2,0), Co (1; 0,5), Pb (0,13; 0,10), Zn (4,2; 0,8), Li (1; 0,8), Ba (0,5; 0,25), B (1,6; 1,0) и т.п. В то же время в миксированных грунтах, содержащих меньшее количество гумуса (чернозем – песок, чернозем – мел и т.п.) отмечаются менее значительные концентрации (по степени превышения ОДК) контролируемых элементов, например, V (3,0/5,0 соотв.), Cr (1,0/0,33 соотв.), Zn (0,6/0,42 соотв.) и т.п. (табл. 2).

Таким образом, устанавливается тенденция сорбирования органическим веществом почво-грунтов разного рода элементов, выпадающих на земную поверхность путем осаждения пылеватых частиц и содержащихся в атмосферных осадках.

Об атмосферном источнике загрязнений свидетельствует также изучение распределения концентраций элементов-примесей в системе почвенно-растительный слой – субстрат, по которому он развивался. Прове-

денное селективное вертикальное опробование почвенно-растительных слоев и субстратов по различным их типам (чернозем луговой, чернозем насыпной, смесь чернозема и суглинка, смесь чернозема и мела, смесь чернозема и песка) позволило установить тенденцию (табл. 2, рис. 1) уменьшения концентрации контролируемых элементов-примесей с глубиной. Действительно, по всем типам субстратов ПРС содержит более высокие концентрации элементов-примесей как в абсолютном, так и в относительном выражении. Например, в ПРС по луговому (рис. 1, а) и насыльному (рис. 1, в) черноземам отличаются значительным превышением концентраций элементов-примесей по сравнению с их содержанием в субстратах, как в абсолютном выражении, так и в относительном, т.е. в степени превышения ОДК. Так, в ПРС по луговому чернозему по сравнению с субстратом установлено (рис. 1а) превышение (относительно ОДК) концентраций V (20 по сравнению с 10), Cr (3,3 по сравнению с 2,0), Zn (1,4 по сравнению с 0,8), В (2,0 по сравнению с 1,6), Mn (0,2 по сравнению с 0,13), Co (0,56 по сравнению с 0,33), Cu (0,66 по сравнению с 0,50), Pb (0,13 по сравнению с 0,10), Ba (0,5 по сравнению с 0,25), Ni (0,5 по сравнению с 0,3), Ti (0,6 по сравнению с 0,40), Be (0,3 по сравнению с 0,1) и т.п.

Аналогичная картина отмечается и для ПРС по иным типам субстратов (рис. 1, табл. 2).

Аналогичная картина отмечается и для ПРС по иным типам субстратов (табл. 2).

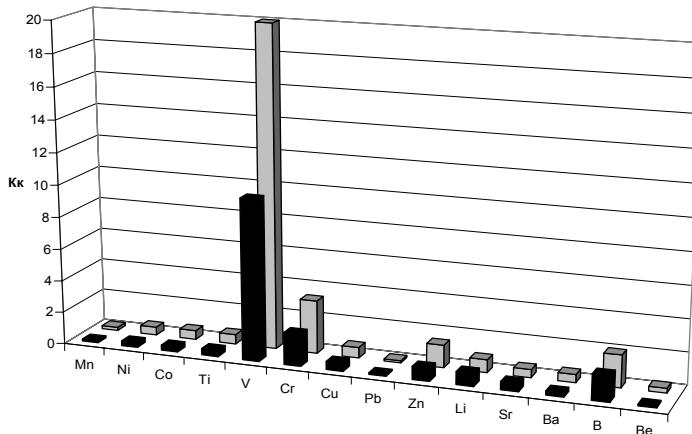
Таким образом, можно считать установленной тенденцию снижения концентрации элементов-примесей по мере увеличения глубины от поверхности по почвенному профилю, что

связано, очевидно, с «атмосферным» источником загрязнений. В этой связи не случайно, что пахотные черноземы, постоянно открытые для контакта с атмосферой содержат более высокие концентрации элементов-примесей по сравнению с черноземами лугов, постоянно укрытыми от атмосферного воздействия ненарушенным почвенно-растительным слоем (табл. 2).

По макроэлементам (Fe, Si, Mg и т.п.) отмечена аналогичная тенденция их накопления в почвенно-растительных слоях по сравнению с субстратами. Сравнение концентраций элементов-примесей в хвостах ЛГОКа с их содержаниями в опробованных почво-грунтах исследуемых территорий указывает на то, что по ряду элементов они характеризуются повышенными концентрациями. Такими элементами являются V и Cr (табл. 2). Однако, при равенстве концентраций Cr (3,3 ОДК) содержания V в почво-грунтах могут значительно превышать его содержания в хвостах (от 40 до 20 ОДК на фоне 16). В то же время характерный для хвостов элемент – Cu не устанавливается в почво-грунтах в значительных количествах. Действительно, в хвостах содержания Cu достигают 2,5 ОДК в то время как в почво-грунтах оно варьирует от 1,0 до 0,33 ОДК. В то же время не характерный для хвостов элемент Zn (0,85 ОДК) отмечается в почво-грунтах в весьма значительных количествах (5,7 – 1,4 ОДК).

Подобный факт может свидетельствовать о наличии дополнительного источника загрязнений почво-грунтов, не связанного с деятельностью ЛГОКа. Комплекс элементов, наблюдаемых в почво-грунтах в относительно более высоких концентрациях (V, Cr, Co, Ti, Zn) по сравнению с хвостами рудообогащения, наводит на

а) Чернозем луговой



в) Чернозем насыпной

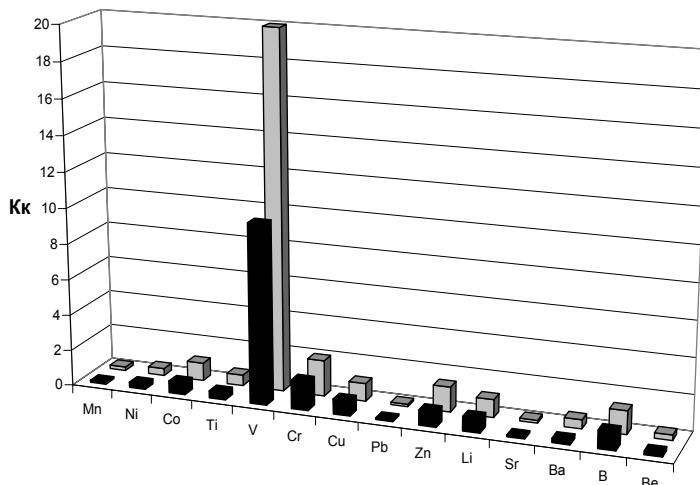


Рис. 1. Коэффициенты концентрации (Кк) основных элементов-примесей в почвенно-растительных слоях и подстилающих их грунтах и почвах балки Чуфичева

$$K_k = \frac{\text{сод.эл} - та}{ODK}$$

мысль о постоянном «внегоковском» возможно металлургическом источнике загрязнений, что вполне вероятно

в связи с наличием в Старом Осколе крупных металлургических предприятий.

280 Таблица 2

**Сравнительная литогеохимическая характеристика почвенно-растительного слоя (ПРС)
по различным грунтам и почвам балки Чуфичева (%)**

Эле- мент	ОДК	Чернозем луговой			Чернозем насыпной			Смесь суглинка с черноземом			Смесь мела и чернозема			Смесь песка и чернозема		
		ПРС	суб- страт	степень превыш. ОДК	ПРС	суб- страт	степ- пень пре- выш	ПРС	суб- страт	степ- пень пре- выш.	ПРС	суб- страт	степ- пень пре- выш.	ПРС	Суб- страт	степ- пень пре- выш.
Mn	0,3	0,06	0,04	0,20 0,13	0,06	0,05	0,20 0,12	0,08	0,06	0,26 0,20	0,05	0,05	0,16 0,16	0,02	0,02	0,66 0,66
Ni	0,01	0,005	0,003	0,5 0,3	0,004	0,003	0,4 0,3	0,008	0,005	0,8 0,5	0,001	0,0008	0,1 0,08	0,002	0,001	0,2 0,1
Co	0,003	0,003	0,001	0,56 0,33	0,003	0,002	1,0 0,66	0,004	0,003	1,3 1,0	0,0006	0,0004	0,2 0,13	0,004	0,003	1,3 1,0
Ti	0,5	0,3	0,2	0,6 0,4	0,3	0,2	0,6 0,4	0,5	0,4	1,0 0,8	0,04	0,03	0,8 0,6	0,04	0,04	0,8 0,8
V	0,001	0,02	0,01	20 10	0,02	0,02	20 10	0,04	0,03	40 30	0,005	0,005	5,0 5,0	0,004	0,003	4 3
Cr	0,003	0,01	0,006	3,3 2,0	0,006	0,005	2,0 1,6	0,008	0,006	2,6 2,0	0,002	0,001	0,66 0,33	0,003	0,003	1 1
Cu	0,006	0,004	0,003	0,66 0,50	0,006	0,005	1,0 0,83	0,006	0,005	1,0 0,83	0,003	0,002	0,5 0,33	0,005	0,004	0,83 0,66
Pb	0,03	0,004	0,002	0,13 0,10	0,004	0,003	0,13 0,10	0,005	0,004	0,16 0,13	0,002	0,001	0,66 0,33	0,001	0,001	0,33 0,33
Zn	0,007	0,01	0,006	1,4 0,8	0,01	0,006	1,4 0,85	0,04	0,03	5,7 4,2	0,004	0,003	0,55 0,42	0,004	0,003	0,8 0,6
Li	0,005	0,004	0,004	0,8 0,8	0,005	0,004	1,0 0,8	0,005	0,004	1,0 0,8	0,002	0,001	0,4 0,2	0,005	0,004	0,7 0,57
Sr	0,06	0,003	0,003	0,5 0,5	0,01	0,006	0,16 0,1	0,008	0,006	0,13 0,10	0,03	0,02	0,50 0,33	0,003	0,003	0,05 0,05
Ba	0,04	0,02	0,01	0,5 0,25	0,02	0,01	0,5 0,25	0,02	0,01	0,5 0,25	0,02	0,01	0,25 0,25	0,01	0,01	0,25 0,25
B	0,003	0,006	0,005	2,0 1,6	0,004	0,003	1,3 1,0	0,005	0,004	1,6 1,3	0,002	0,0006	0,66 0,20	0,001	0,0006	0,33 0,20
Be	0,001	0,0003	0,0001	0,3 0,1	0,0003	0,0001	0,3 0,2	0,0001	0,0001	0,1 0,1	0,0001	0,0001	0,1 0,1	0,0001	0,0001	0,1 0,1

1. Установлена достаточная геохимическая «стерильность» хвостов рудообогащения, в которых отмечен весьма скучный спектр микро- и макроэлементов, находящихся в значимых концентрациях, причем только содержания Fe, Mn, Si, W и Cu превышают их концентрации в почвах. Именно эти элементы следует считать индикаторами «гоковского» источника загрязнения.

2. Отмеченная тенденция неравномерного уменьшения (вниз по почвенному профилю) концентраций Mn, Co, Ni, Ti, V, Cr, W, Sr, Cu, Pb, Zn, Sn, В свидетельствует о поверхностном источнике загрязнения происходящего, видимо, как в результате разноса пылеватых частиц воздушными массами, так и выпадающего вместе с атмосферными осадками.

3. Перечень элементов, содержания которых в почвенно-растительном слое, черноземах и почво-грунтах превышают их концентрации в хвостах (Ni, Ti, V, Cr, Zr, Sn, Zn, B) свидетельствует о «внегоковском» источнике загрязнения, так как для «хвостов» рудообогащения характерны относительно высокие концентрации только Fe, Si, Mn, W и Cu. Таким образом за счет деятельности ЛГОКа можно отнести лишь частичное поступление в почвы только Fe, Mn, Si, W и Cu.

4. Наличие в почвах относительно высоких концентраций Cr, V, Ni, Co, а также частично Fe и Mn наводит на мысль о металлургическом источнике возможных загрязнений, что вполне вероятно в связи с наличием в Старом Осколе (25 км) крупных металлургических предприятий – ОМК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. В шести книгах. – М.: Недра, 1994.
2. Ларичев Л.Н., Тищенко Т.В., Жилин С.Н. Эколо-геохимическая оценка рекультивированных хвостохранилищ Лебединского ГОКа. «Горный информационно-аналитический бюллетень». Изд-во МГГУ. – № 5. – 2004. – с. 123–129.
3. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнений окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981.
4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Утв. Минздравом СССР 03.03.87 г. РД 4266-87.
5. МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почв населенных мест».
6. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. Минздрав СССР, 1991.
7. СанПиН 2.17.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. ГИАБ

Коротко об авторах

Ларичев Л.Н. – кандидат геолого-минералогических наук, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru
Климашевский Ю.А. – Лебединский ГОК, info@metinvest.com

