

**Рус.** УДК631.41

*Тяжёлые металлы в почвах и дорожной пыли в зоне воздействия Стойло-Лебединского горнодобывающего комплекса*

Ладонин Дмитрий Вадимович, Низиенко Екатерина Алексеевна

*Факультет почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова, г.Москва, Россия;  
[ladonin@inbox.ru](mailto:ladonin@inbox.ru)*

*Аннотация:*

Исследовано содержание тяжелых металлов и металлоидов в железной руде, почвах и дорожной пыли в зоне воздействия Стойло-Лебединского горнодобывающего комплекса Курской магнитной аномалии, где на сравнительно небольшой территории сосредоточено большое количество горнодобывающих, металлургических и других предприятий. Показано, что исследованная территория подвержена аэротехногенному загрязнению большим набором химических элементов, однако на фоне исходного низкого их содержания в добываемой железной руде и природного варьирования состава почв техногенное воздействие трудно выявить по результатам валового анализа. Определение ассоциированных с железом химических элементов в вытяжке Тамма в совокупности с изучением химического состава дорожной пыли является наиболее информативным способом выявления техногенного воздействия на территорию, подверженную воздействию комплекса предприятий черной металлургии.

*Ключевые слова:* Стойло-Лебединский горно-добывающий комплекс, черноземы, техногенное загрязнение, тяжелые металлы и металлоиды, дорожная пыль.

**Eng.** *Heavy metals in soils and road dust in the Stoilo-Lebedinsky mining complex.*

*Ladonin Dmitry V., Nizienko Ekaterina A.*

*Abstract:*

The content of heavy metals and metalloids were investigated in iron ore, soils and road dust in surrounding the Stoilo-Lebedinsky mining complex of Kursk Magnetic Anomaly, where a lot of mining, metallurgical and other enterprises are located. It was shown that this territory is subject to aerotechnogenic pollution by a large set of chemical elements, but because of their low background content in mined iron ore and natural variation of soil composition, it is difficult to identify the technogenic impact using gross analysis. The determination of chemical elements associated with iron in Tamm extract in combination with chemical composition of

road dust, is the most informative way to detect anthropogenic impact on territory, influenced by ferrous metallurgy enterprises.

*Keywords: Stoylo-Lebedinsky mining complex, chernizems, technogenic pollution, heavy metals and metalloids, road dust.*

## **Введение**

Экологическое состояние окружающей среды уже давно сильно зависит от человека и определяется родом его деятельности. Благодаря научно-техническому прогрессу человечество стало мощной силой, способной не только изменять ландшафт, перераспределять химические элементы, изымая их из одного места и концентрируя в другом, но даже и создавать новые соединения, ранее не существовавшие в природе.

Курская магнитная аномалия (КМА) является крупнейшим в России железорудным бассейном. В процессе добычи полезных ископаемых человек до неузнаваемости изменил внешний облик территории: карьеры, отвалы рыхлой и скальной вскрышной породы, гидроотвалы изменили местный ландшафт, а вместе с ним и многие гидрологические и геохимические условия среды. Технология выпуска промышленной продукции горно-обогатительных комбинатов (ГОК) обычно связана с выбросом различных загрязняющих веществ и нарушением земель прилегающей территории. Особенно интенсивно факторы загрязнения и нарушения окружающей среды заметны в пределах Старооскольско-Губкинского промышленного района, выбранного нами в качестве района исследований, где на небольшой территории сконцентрировано более 180 промышленных предприятий.

В настоящее время основной вклад в долю выбрасываемых ТМ приходится на пыление от карьеров, отвалов вскрышных пород и хвостохранилищ, и, в значительно меньшей степени, от ГОК, где при обогащении руды так же концентрируются и элементы, в самой руде содержащиеся в небольших количествах. В результате в зоне горнодобывающего комплекса (ГДК) сформировалась техногенная зона запыления атмосферы эллипсоидной формы с ориентацией длинной оси вдоль преобладающего направления ветров.

Вместе с тем, Центральнo-Черноземный район (ЦЧР), в пределах которого и располагается КМА, обладает основными запасами уникальных по мощности и содержанию гумуса черноземными пахотными почвами, имеет развитое сельскохозяйственное производство, а также характеризуется высокой плотностью населения. Поэтому исследования химического состава окружающей среды здесь представляет особый интерес.

*Цель работы:* Провести эколого-геохимическую оценку загрязнения тяжелыми металлами природных объектов в зоне воздействия Стойло-Лебединского ГДК.

*Задачи:* 1) изучить химические свойства почв; 2) изучить валовое содержание ТМ в почвах зоны воздействия ГДК; 3) изучить содержание оксалоторастворимых форм соединений ТМ в почвах зоны воздействия ГДК; 4) изучить валовое содержание ТМ в дорожной пыли зоны воздействия ГДК; 5) на основе полученных результатов сделать выводы о состоянии прилегающей к Стойло-Лебединскому горнодобывающему комплексу территории.

### **Объекты исследования**

Исследуемая территория расположена в пределах Губкинского района Белгородской области на южных и юго-восточных склонах Среднерусской возвышенности. Находящаяся на юго-западном отроге Орловско-Курского плато, разделяющего бассейны Днепра и Дона, поверхность региона сильно расчленена речными долинами и густой овражно-балочной сетью.

Согласно схеме физико-географического районирования, территория Старооскольско-Губкинского ГДК относится к суббореальной области умеренного пояса, Среднерусской физико-географической провинции Восточно-Европейской равнины, к ландшафтной зоне лесостепи на возвышенной эрозионной лёссовой равнине.

В результате формирования территории ГДК естественные типы местности были полностью заменены человеком на карьерно-отвалный тип ландшафта. Природные процессы частично или полностью были изменены антропогенным рельефообразованием, уничтожением естественного растительного и почвенного покрова, трансформацией газового состава атмосферы, глубин залегания и химического состава подземных вод.

*Почвы.* В соответствии со схемой почвенно-географического районирования, территория исследования относится к Центральному Среднерусскому почвенному округу черноземов типичных и выщелоченных среднегумусных и серых лесных почв [12].

Преобладающими почвами на изучаемой территории являются черноземы типичные, сформированные на средних и тяжелых карбонатных лёссовидных суглинках.

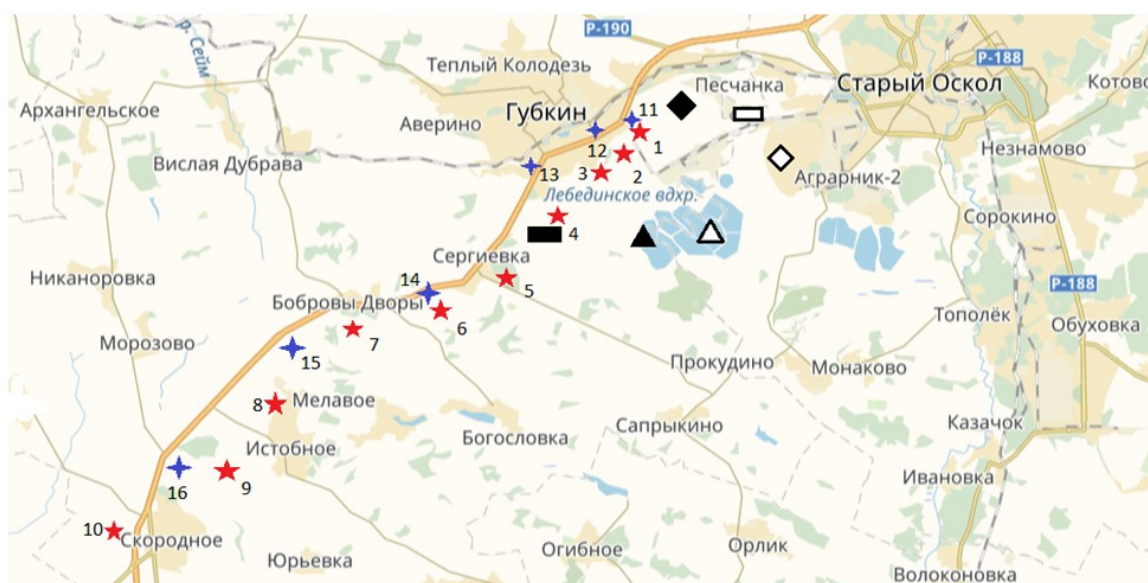
В окрестностях территории ГДК наблюдается сильное влияние антропогенного фактора. Обширные площади промышленной зоны сильно

преобразованы: практически все естественные почвы были уничтожены или необратимо изменены, площадь неоднократно выравнивалась после того, как плодородный слой был скальпирован, в результате чего образовывались пустыри [11,13].

*Исследованные пробы природных объектов:*

1. 100 проб почв, отобранных в десятикратной повторности с десяти контрольных точек, находящихся на различном расстоянии (№1 – 0,75 км, №2 – 2 км, №3 – 3 км, №4 – 5 км, №5 – 10 км, №6 – 15,5 км, №7 – 20 км, №8 – 25,5 км, №9 – 30 км, №10 – 35 км) от источника загрязнения – Стойло-Лебединского ГДК (рис. 1).

2. 60 проб дорожной пыли, отобранной в десятикратной повторности с шести контрольных точек на разном расстоянии от ГДК (№11 – 0,67 км, №12 – 3,6 км, №13 – 11,2 км, №14 – 17,2 км, №15 – 25 км и №16 – 30 км) (рис. 1).



Условные обозначения:

- |   |                                |   |                                 |
|---|--------------------------------|---|---------------------------------|
| ◆ | Лебединский карьер             | ▲ | Гидроотвал                      |
| ◇ | Стойленский карьер             | △ | Хвостохранилище                 |
| ■ | Отвал скальных вскрышных пород | ★ | Точки отбора проб почв          |
| □ | Отвал рыхлых вскрышных пород   | ★ | Точки отбора проб дорожной пыли |

Рис.1 – Схема отбора проб почв и дорожной пыли

*Общая характеристика Стойло-Лебединского ГДК.* Курская магнитная аномалия (КМА), в пределах которой находится исследуемый ГДК, была впервые открыта в 1783 году П. Б. Иноходцевым при картографировании территории. С тех пор она не раз изучалась учеными различных научных дисциплин.

Огромная территория самого крупного в России железорудного бассейна, протянувшегося на 850 км в длину и 200 км в ширину, включает в себя 18 месторождений железистых кварцитов (более 30 % Fe) и богатых железных руд (более 50 % Fe) с разведанными запасами 930 млрд. т. (60 % общероссийских и 20 % мировых запасов железных руд). Кроме руд, в месторождениях КМА также известно наличие промышленного содержания Au, Pt и платиноидов, Cu, Ni, Co, Cr, редких и радиоактивных элементов, бокситов и др. [6].

В Старооскольско-Губкинском горно-промышленном районе находится комплекс предприятий (Лебединский ГОК, Стойленский ГОК, Оскольский электрометаллургический комбинат, Губкинская ТЭЦ, комбинат "КМА руда", предприятия строительной и пищевой промышленности), характеризующихся разным масштабом воздействия на окружающую среду.

По данным, приведённым А. Г. Корниловым, А. Н. Петиним и др. (2008) [5], в 2008 г. выбросы содержали порядка 113 тыс. т. загрязняющих веществ в год, из которых приблизительно 28 тыс. т. составляют взвеси и токсичные отходы (рыхлые и скальные вскрышные породы, обогатительные «хвосты» предприятий, отходы промышленности). Предприятия, занимающиеся добычей полезных ископаемых, покрывают огромную площадь, на которой за период их существования нарушены или уничтожены естественные экосистемы и сообщества. Теперь эти техногенно преобразованные территории заселены адвентивными и синантропными видами и, по сути, являются центрами их распространения на близлежащие ландшафты.

По данным ежегодных отчетов ОАО «Металлоинвест» и Новолипецкого металлургического комбината [13, 14], которым принадлежат крупнейшие железорудные месторождения – Лебединское и Стойленское, соответственно – за последние несколько лет выбросы предприятий были значительно снижены. Однако добыча руды проводится при помощи буро-взрывных работ карьерно-отвальным (открытым) способом и избежать пыления в этом случае практически невозможно.

## **Методы исследования**

Отбор проб почв проводили на выровненных участках водораздельных поверхностей, руководствуясь [2, 3, 4]. На каждой точке отбирали 10 точечных проб для оценки варьирования определяемых показателей.

Первичная пробоподготовка почв заключалась в извлечении растительных остатков, просушивании и измельчении материала. Уменьшение объема пробы проводили методом квартования [10], затем отбирали аналитическую пробу.

Вторичная подготовка проб включала в себя кислотное разложение почв и дорожной пыли в микроволновой печи «царской водкой» для дальнейшего определения содержания в них ТМ в соответствии с [7];

Оксалаторастворимые формы железа и сопутствующих ему элементов извлекали при помощи реактива Тамма [10].

Определение в полученных растворах содержания тяжелых металлов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [7].

Определение химических свойств смешанных образцов почв (обменные Са и Mg, рН и содержание гумуса) и пыли (рН и содержание гумуса) проводилось стандартными методами:

- рН водной суспензии – потенциометрически [10];
- определение органического углерода – методом Тюрина с титриметрическим окончанием [10];
- определение обменных катионов – после извлечения их из почвы 1 М раствором  $\text{NH}_4\text{Cl}$  [10].

## **Обсуждение результатов**

*Химические свойства почв и придорожной пыли.* Результаты приведены в таблице 1. В исследуемых образцах содержание гумуса во всех точках варьирует в пределах 6,9—8,8 %, за исключением точки № 2 (3,5 %), что можно объяснить её расположением на территории бывшего гидроотвала.

Таблица 1 – Некоторые химические свойства исследованных почв

Показатели	Номер контрольной точки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сумма обменных Са и Mg, ммоль (экв)/100 г	62,7	66,2	62,2	62,6	38,6	50,4	44,2	43,5	38,2	41,3
pH H <sub>2</sub> O	7,67	8,00	7,89	7,97	6,30	5,40	6,00	5,61	6,00	6,00
Гумус, %	7,61	3,54	7,08	7,94	7,80	8,77	8,82	6,92	8,11	8,14

КТ № 2 и 3 расположены в пределах ныне восстанавливающегося гидроотвала Лебединского ГОК «Берёзовый Лог». Процессы почвообразования здесь ещё не набрали полную мощность, в КТ № 2 грунт содержит много каменистого материала и глины, структура почвы практически отсутствует. Судя по внешнему виду растений, имеющих явные признаки хлороза, а также проблемы с нормальным развитием надземной части, баланс микро- и макроэлементов здесь сильно нарушен. В КТ №3 почвы практически вернулись к своему естественному состоянию, содержание гумуса выше, чем на предыдущей контрольной точке, и растения внешне выглядят достаточно здоровыми.

Варьирование pH водной суспензии почв между контрольными точками достаточно высоко. Самыми низкими значениями характеризуются КТ №6 и №8, самыми высокими – КТ №2 и №4. На первых четырёх опробованных площадках почвы имеют щелочные значения pH. Вероятно, это может быть следствием поступления в почвы первых четырех контрольных точек атмосферных выпадений, содержащих карбонаты щелочноземельных металлов вследствие добычи руды в карьерах. Результаты анализа дорожной пыли (см. далее) подтверждают это предположение.

Максимум содержания обменных катионов Са и Mg также приходится на КТ №№1–4, что тоже может быть связано с поступлением на поверхность минеральной пыли, содержащей большое количество этих элементов.

В придорожной пыли (табл. 2) значения pH водной суспензии колеблются около 8 и не имеют зависимости от расстояния до ГДК, наблюдаемой у почв (табл. 1). Такая разница в свойствах почв и дорожной пыли связана с тем, что количество атмосферных выпадений по мере удаления от ГДК уменьшается, и в определенный момент перестаёт оказывать влияние на свойства почвы. А так как доля техногенных выпадений на единицу массы дорожной пыли намного больше, чем на единицу массы почвы [9], то значения pH пыли менее подвержены изменениям.

Таблица 2 – Химические свойства придорожной пыли

Номер контрольной точки	$pH_{H_2O}$	Гумус, %
11	7,81	3,22
12	8,10	6,12
13	8,27	5,44
14	7,67	4,69
15	8,20	3,25
16	7,88	3,60

Валовое содержание элементов в руде. Валовое содержание химических элементов в железной руде из Лебединского карьера приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Валовое содержание химических элементов в железной руде, мг/кг

V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	
75	52	745	587400	7,0	25	6,5	30	12	
Se	Sr	Mo	Sb	Cd	Ba	Tl	Pb	Th	U
0,61	44	0,32	0,65	0,09	38	0,02	6,0	2,1	3,3

Для того чтобы охарактеризовать разницу между содержанием элементов в руде и содержанием элементов в почвах, были рассчитаны коэффициенты концентрации  $K_c$ :

$$K_c = \frac{C_i}{K_i},$$

где  $C_i$  – измеренное в образце руды содержание  $i$ -го элемента, мг/кг;  $K_i$  – фоновое содержание  $i$ -го элемента в почвах исследуемой территории. В данной работе в качестве местного фона использовано среднее содержание элементов в почвах трёх наиболее удалённых от ГДК точек, полученное в результате двухлетних исследований (№№ 8, 9 и 10) (табл. 4).



Таблица 4 – Рассчитанное фоновое содержание элементов в почвах, мг/кг

<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>
40	49	379	18036	8,6	24	14,8	47	6,8	1,28
<b>Sr</b>	<b>Mo</b>	<b>Sb</b>	<b>Cd</b>	<b>Ba</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>	
41	0,39	0,18	0,08	120	0,93	12,8	6,9	0,75	

На основе рассчитанных коэффициентов концентрации элементов по отношению к фоновым почвам был построен ряд содержания элементов в руде согласно уменьшению их коэффициентов концентрации (рис. 2).

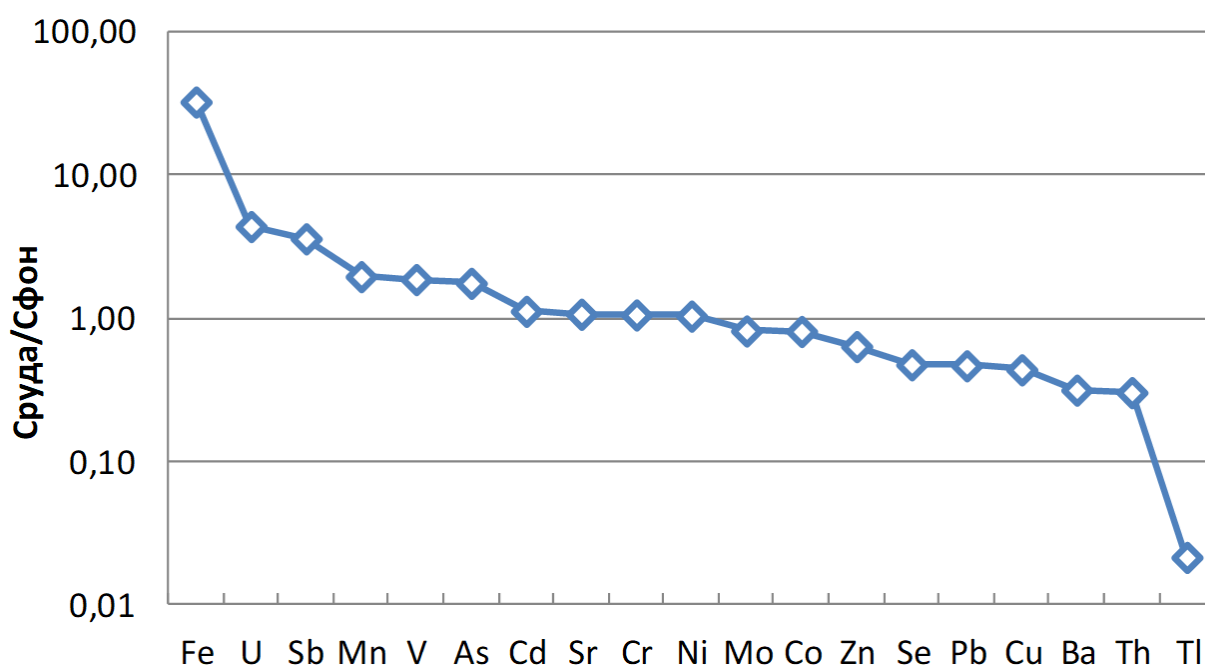
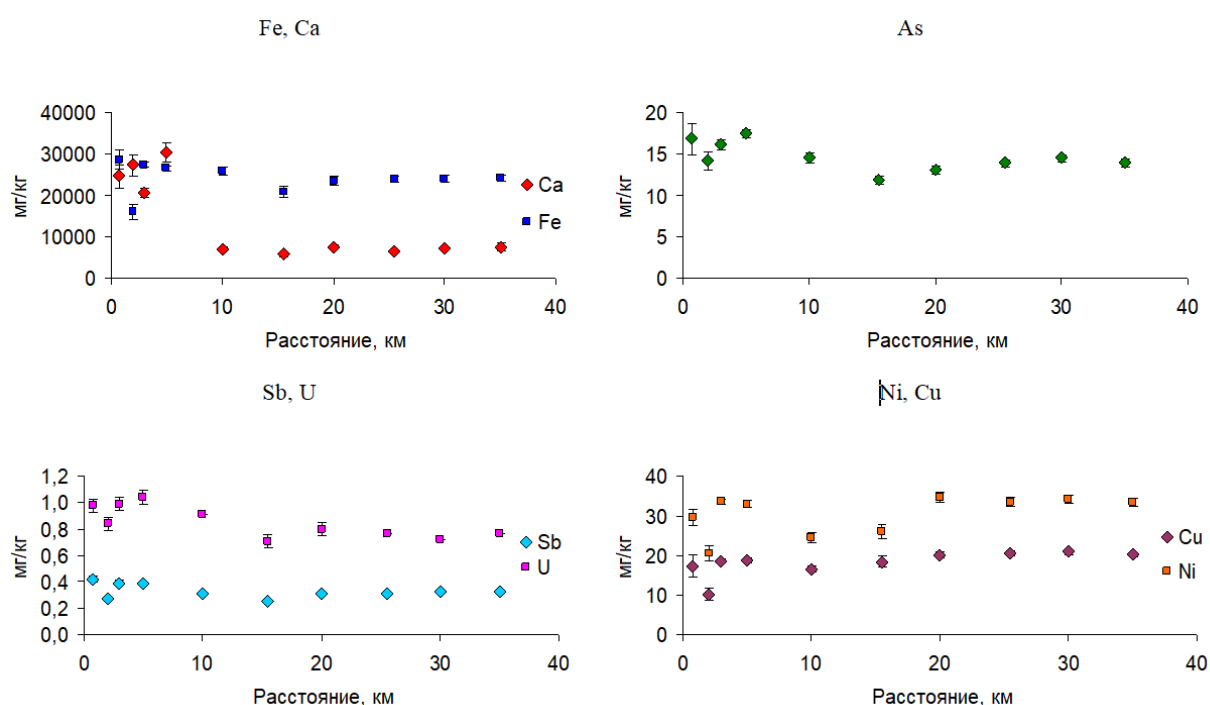


Рис. 2 – Коэффициенты концентрации элементов в железной руде

Согласно полученным данным, при загрязнении почв на прилегающей территории непереработанной рудой наиболее ожидаемо увеличение содержания в почвах таких элементов, как Fe, U, Sb, Mn, V и As. Однако обогащение руды и производство металлов приводят к существенному перераспределению её [руды] вещества, что, в свою очередь, может вести к загрязнению почв и теми элементами, содержание которых в исходной руде сравнительно невелико.

*Валовое содержание элементов в почвах.* Воздействие ГДК совместно с природным варьированием приводит к возникновению сложной картины пространственного распределения содержания элементов в исследованных почвах. Для многих элементов характер распределения в

пространстве имеет общие черты. Так, пространственное распределение Ca и Sr, Fe и геохимически с ним связанных Ni, Cr, Th, Sb зачастую имеют общие характерные черты (рис. 3). Различного рода отклонения можно объяснить, опираясь на описание самих контрольных точек и свойств почв. Например, контрольная точка №1 расположена ближе всех к дороге, по которой ежедневно перемещается служебный транспорт ЛГОК. Это значит, что частицы породы, которую колёса транспортных средств «нацепляли» на территории карьера, осыпаются на этой дороге. В сухую погоду пыль с нее может разлетаться в стороны благодаря турбулентным потокам, создаваемым проезжающими автомобилями, осаждаясь на достаточно широком пространстве вокруг проезжей части. Контрольные точки №2 и №3 расположены на участке бывшего гидроотвала Берёзовый Лог. Поскольку ранее на этом участке проводились мелиоративные мероприятия, для этих точек так же характерны заметные отклонения от общей линии тренда. Точка №4 расположена неподалёку от отвала скальной вскрыши, и пыль, летящая оттуда, также вносит свой вклад в общий результат.



*Рис. 3 – Содержание в почве некоторых элементов в зависимости от расстояния от Стойло-Лебединского ГДК, мг/кг*

В зависимости от расстояния от ГДК сходным образом происходит изменение содержания Co, Ni, Cu, Zn, As, Sb, Tl, Pb, Th и самого Fe (рис. 3). Схожие кривые имеют V, Cr и Mn; V, Cr и Cd; а также Se, Ba, Sr, U. Похожим

образом происходит изменение Ca и Sr, содержание которых постепенно снижается по мере удаления от источника, для Mo трудно проследить какую-либо зависимость от расстояния. Элементы в целом ведут себя сходно: в КТ№1 все они имеют некоторое повышение, затем содержание резко падает в т.№2, и, начиная с КТ№5–6, снова начинает возрастать, как, например, в случае с Mn, либо держаться примерно на одном уровне, как Ca (рис.3).

Сравним полученные данные с содержанием элементов в фоновых почвах. Все исследованные нами элементы можно разделить на три группы:

1. Не превышающие фон. К элементам с коэффициентом концентрации значительно меньше единицы, но накапливающимся аналогично элементам, превышающим его, относятся V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Ba, Tl, Pb, Th, U. «Проседание» значений по-прежнему наблюдается на территории бывшего гидроотвала Берёзовый Лог в точке №2 (V, Fe, Co и др.), реже – в точках 5–10.

2. Незначительно превышающие фон. К таковым были отнесены элементы, измеренные содержания которых не более чем в два раза превышают фон. Это As (кроме т. №6), Se (кроме т. №2 и 5), Sb (кроме тт. №2 и 6), Mg (тт. №1,2,3,7,9,10), Ni (тт. №3,4,6–10). Точечно подобные превышения встречаются по Al (т. №6–10), Ca (т. №7,9,10), V (т. №5,7,9), Mn (т. №7,9), Co (т. №6-10), Cu (т. №9), Zn (тт. №7,9,10), Sr (тт. №1–4,7), Pb (тт. №1,3,4), Tl (тт.№3,4,10).

3. Превышающие фон в 2–10 раз. К ним относятся Ca (тт. №1–4) и Mo (т. №5).

Эти результаты показывают, что для большого числа элементов, которые могут поступать на поверхность почвы в результате деятельности ГДК, существенного увеличения валового содержания в почве не наблюдается.

Полученные данные для Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Cu сопоставимы с результатами исследований, проводимых БелГУ [1, 12].

*Содержание оксалоторастворимых форм соединений ТМ и мышьяка.* На территории, которая может загрязняться частицами железной руды, большое значение имеет изучение ТМ и металлоидов, которые связаны с данным веществом. В определенных условиях при поступлении в окружающую среду возможно частичное растворение железистых минералов и высвобождение других химических элементов, которые были с ними связаны. Это может привести к увеличению содержания в почвах подвижных форм ТМ и металлоидов.

Для извлечения из почвы химических элементов, связанных с железистыми минералами, нами был выбран реактив Тамма. Помимо железа данный экстрагирующий раствор также извлекает и ассоциированные с ним Ладонин Д. В., Низиенко Е. А., Тяжёлые металлы в почвах и дорожной пыли в зоне воздействия Стойло-Лебединского горнодобывающего комплекса // «Живые и биокосные системы». – 2017. – № 22; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-22/article-3>

элементы – ТМ и мышьяк [10]. Из изучаемого нами набора элементов двенадцать рассматриваются геохимиками как сидерофильные: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb, Th и U. На рис. 4 хорошо заметно, что по мере удаления от ГДК происходит заметное (порой на порядок) уменьшение содержания в почве оксалоторастворимых форм соединений железа и сидерофильных элементов, ему сопутствующих. Обращает на себя внимание то, что, по сравнению с валовым содержанием элементов, зависимости, представленные на рис. 4, являются чётко выраженными, так как меньше зависят от различных побочных факторов, влияющих на элементный состав почв.

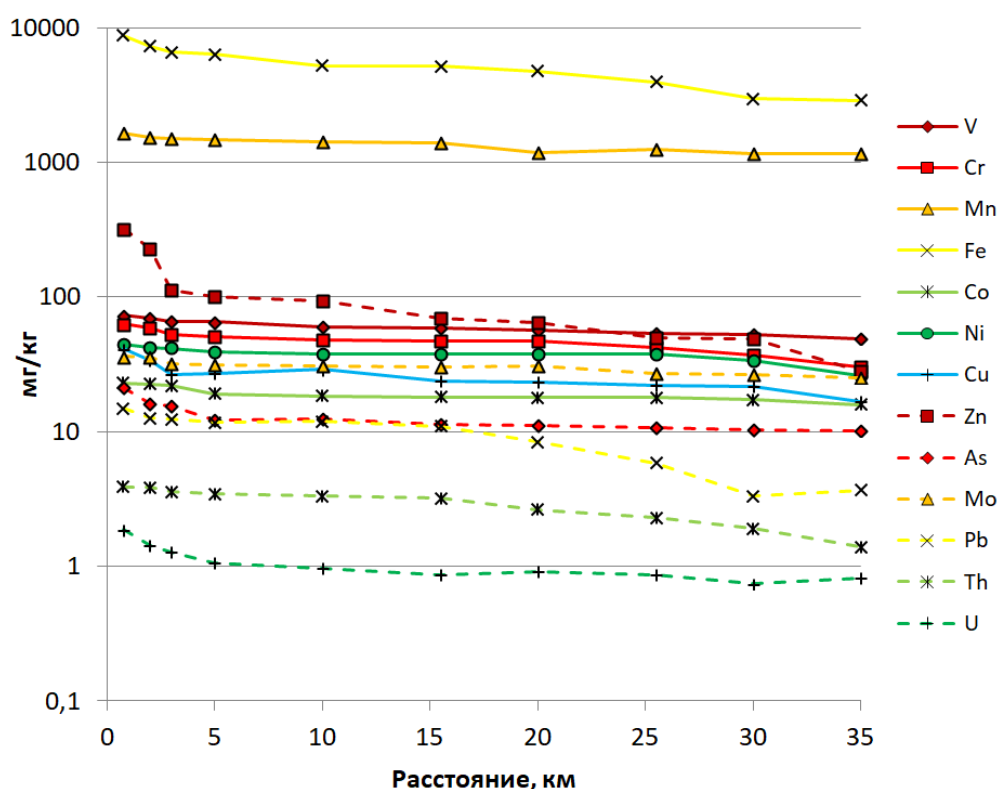


Рис. 4 – Содержание оксалоторастворимых форм элементов в зависимости почвах, мг/кг

*Дорожная пыль.* Как и в случае с почвами, содержание элементов в дорожной пыли также удобно рассматривать, пользуясь коэффициентами концентрации. Тогда, в соответствии с всё той же градацией  $K_c$ , что и для почв, получим следующее распределение элементов по группам:

1. Элементы, не превышающие фонового значения: V, Mn, Co, Ni, Cd, Ba, Tl.

2. Элементы, незначительно превышающие фоновое отношение (до 2-х раз): Cr (тт. №11,13,14,15), Fe (тт. №13,15,16), Co (т. №11), Ni (тт. №11,12), Cu (тт. №13,15,16), Zn (тт. №11,15,16), As (тт. №12–16), Se (тт. №11,12,15,16), Sr (тт. №11,12), Mo (тт. №13,14,15), Pb (кроме т. №12), Th, U (тт. №11,13–16).

3. Превышающие фоновое отношение в 2–10 раз. Это Ca (тт. №12,14), Cr (т. №12), Fe (тт. №11,12,14), Cu (тт. №11,12,14), Zn (тт. №12,13,14), As (т. №11), Mo (тт. №11,12), Sb, Pb (т. №12), Th (т. №14).

Стоит заметить, что превышения коэффициентов концентраций элементов в дорожной пыли, как и в случае с почвами, в той или иной мере наблюдаются у Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Sb, Pb, причем для всех них в почвах также отмечены повышенные значения.

В зависимости от расстояния можно проследить несколько основных типов распределения элементов. Для большинства элементов в целом характерно снижение содержания с увеличением расстояния, но максимумы их могут отличаться.

Так, Fe, Co, Ni, As, Zn, Sr, Mo и Tl представляют собой единую взаимосвязанную группу, для которой характерно постепенное убывание содержания с увеличением расстояния до ГДК (рис. 5). Значения содержания в пыли Ca, Cr, Cd, Sb и Ba в целом также понижаются с расстоянием, но максимум их приходится на контрольную точку №2. Th, U склонны к накоплению с удалением от источника, а для Ag и Hg зависимости от расстояния вообще нет. Интересно, что большинство элементов, содержание которых в пыли убывает с увеличением расстояния до источника загрязнения (кроме Sr, Tl, Sb, Cd и Ba), также отличаются схожей зависимостью, полученной для вытяжки Тамма (рис. 4). Это говорит о том, что, во-первых, железная руда является одним из основных источников загрязнения пыли большим набором химических элементов, и, во-вторых, доля техногенных соединений в дорожной пыли существенно превышает таковую в почвах, что делает пыль удобным и информативным объектом экологического мониторинга.

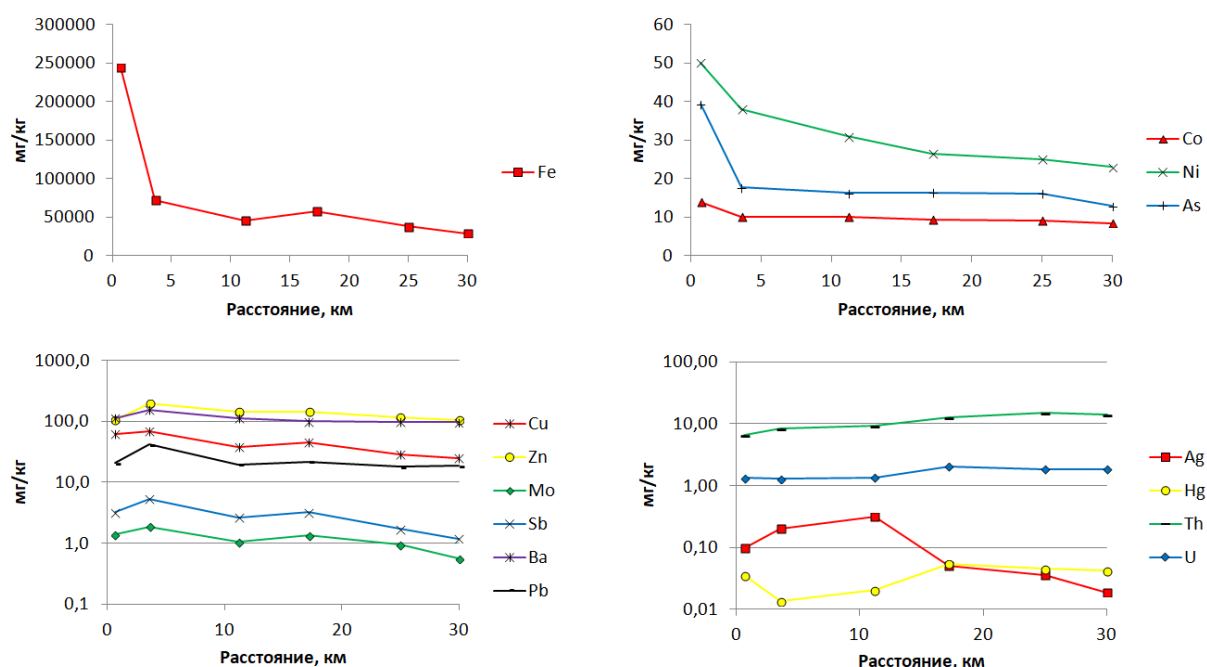


Рис. 5 – Валовое содержание элементов в дорожной пыли, мг/кг

Таким образом, по результатам анализа данных для дорожной пыли установлено, что наибольшему влиянию ГДК подвержены территории в пределах 15 км от него.

## Выводы

1. В районе воздействия Стойло-Лебединского горнодобывающего комплекса наблюдается увеличение рН почв и дорожной пыли, а также увеличение содержания обменного кальция, что связано с выпадением пыли вследствие добычи железной руды открытым способом. Наибольшему влиянию горнодобывающего комплекса подвержены земли в радиусе до 15 км.
2. В почвах вблизи источника загрязнения накапливаются в повышенных количествах железо, а также V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sb, Pb, Th и U.
3. Пространственное распределение большинства элементов имеет схожие черты, однако выявить четкую зависимость от расстояния до ГДК не всегда представляется возможным из-за низкого уровня поступления многих элементов в почву на фоне высокого природного варьирования их содержания.
4. Более четкая зависимость от расстояния до ГДК проявляется для

связанных с несиликатными соединениями железа оксалаторастворимых форм соединений элементов. Выявлено 12 сидерофильных элементов, содержание оксалаторастворимых форм которых закономерно убывает вместе с железом с расстоянием от источника загрязнения: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb, Th и U.

5. На расстоянии до 15 км от источника загрязнения обнаружено увеличение содержания в дорожной пыли железа, а также ассоциированных с ним Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sb, Mo, Pb, Tl. Дорожная пыль из-за высокой концентрации в ней продуктов техногенеза должна рассматриваться как самостоятельный объект экологического мониторинга техногенно-загрязненных территорий.

### Список литературы

1. Гонеев И. А., Чепелев О. А., Голеусов П. В., Общие закономерности распространения тяжелых металлов в почвах зоны влияния горнорудных предприятий КМА// Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета, 2011. №3. – С. 192—199.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб // Охрана природы. Почвы. М.: Стандартиформ, 2008. –5 с.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // Охрана природы. Почвы. М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.
4. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартиформ, 2008, 7 с.
5. Корнилов А. Г. , Петин А. Н., Кичиги Е. В. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе// Известия РАН. Серия географическая, 2008. №2. – с. 85—92.
6. Котенко Е. А., Морозов В. Н., Кушнеренко В. К., Анисимов В. Н. Геоэкологические проблемы КМА и пути их решения // Горная промышленность, 2003. №2. – С. 12—16.
7. Ладонин Д. В., Пляскина О. В., Кучкин А. В., Коваль Е. В. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в твёрдых минеральных объектах методом масс спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на масс-спектрометре Aglient ICP-MS 7500. М.: 2009. – 56 с.
8. Новых Л. Л., Корнилов А. Г., Дроздова Е. А., Вагурин И. Ю., Структура почвенного покрова в промышленной зоне горнодобывающих

предприятий Белгородской области. //Вестник Чувашского университета, 2013. №3. – С. 126—131.

9. Пляскина О. В., Ладонин Д. В. Уличная пыль как объект экологического мониторинга городской среды. Материалы II международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв». 2007. М.: Изд-во МГУ, т. 2. – С. 152—156.
10. Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л. А. Воробьевой. М: ГЕОС, 2006. – 400 с.
11. Технический проект разработки Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений железистых кварцитов: Проектная документация. Раздел 8. Перечень мероприятий по охране окр. среды. Часть 1. Мероприятия по охране окружающей среды. Книга 1. ОАО «Лебединский ГОК», 2014. т.7.1. – 203 с., т. 8.1 – 486 с.
12. Электронный ресурс «Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области»: <http://maps.bsu.edu.ru/atlas/>
13. Официальный сайт группы НЛМК: <http://nlmk.com/ru/>
14. Официальный сайт ООО УК «Металлоинвест»: <http://www.metalloinvest.com>

### **Spisok literatury**

1. Goneev I. A., Shepelev O. A., Goleusov P. V., Obshhie zakonomernosti rasprostraneniya tyazhelykh metallov v pochvakh zony vliyaniya gornorudnykh predpriyatij KMA// Uchenye zapiski: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. – №3. – S. 192-199.
2. GOST 17.4.3.01-83. Okhrana prirody. Pochvy. Obshhie trebovaniya k otboru prob // Okhrana prirody. Pochvy. – М.: Standartinform, 2008, 5 s.
3. GOST 17.4.4.02-84. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza // Okhrana prirody. Pochvy. – М.: Standartinform, 2008, 7 s.
4. GOST 28168-89. Pochvy. Otbor prob. – М.: Standartinform, 2008, 7 s.
5. Kornilov A. G. , Petin A. N., Kichigi E. V. Sovremennye izmeneniya prirodnykh kompleksov v Starooskol'sko-Gubkinskom promyshlennom rajone// Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya, 2008. – №2. – S. 85-92.
6. Kotenko E. A., Morozov V. N., Kushnerenko V. K., Anisimov V. N. Geoekologicheskie problemy KMA i puti ikh resheniya // Gornaya promyshlennost', 2003. – №2. – S. 12 - 16.



7. Ladonin D. V., Plyaskina O. V., Kuchkin A. V., Koval' E. V. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli ehlementov v tvyordykh mineral'nykh ob"ektakh metodom mass spektrometrii s induktivno-svyazannoj plazmoj na mass-spektrometre Aglient ICP-MS 7500. – M., 2009. – 56 s.
8. Novykh L. L., Kornilov A. G., Drozdova E. A., Vagurin I. YU., Struktura pochvennogo pokrova v promyshlennoj zone gornodobyvayushhikh predpriyatij Belgorodskoj oblasti. //Vestnik CHuvashskogo universiteta, 2013. – №3. – S. 126-131.
9. Plyaskina O. V., Ladonin D. V. Ulichnaya pyl' kak ob"ekt ehkologicheskogo monitoringa gorodskoj sredy. Materialy II mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii «Sovremennye problemy zagryazneniya pochv». 2007, M: MGU, t. 2. S. 152-156.
10. Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv. Pod red. L. A. Vorob'evoj. M: GEOS, 2006, 400 s.
11. Tekhnicheskij proekt razrabotki Lebedinskogo i Stojlo-Lebedinskogo mestorozhdenij zhelezistykh kvartsitov: Proektnaya dokumentatsiya. Razdel 8. Perechen' meropriyatij po okhrane okr. sredy. CHast' 1. Meropriyatiya po okhrane okruzhayushhej sredy. Kniga 1.– OAO «Lebedinskij GOK», 2014. – t.7.1, 203 s., t. 8.1, 486 s.
12. Elektronnij atlas «Prirodnye resursy i ehkologicheskoe sostoyanie Belgorodskoj oblasti» - <http://maps.bsu.edu.ru/atlas/>
13. Ofitsial'nyj sajt gruppy NLMK - <http://nlmk.com/ru/>
14. Ofitsial'nyj sajt OOO UK «Metalloinvest» - <http://www.metalloinvest.com>