

ЛОКАЛЬНОЕ ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РЕГИОНА

Криворожский государственный педагогический университет

Установлены уровни содержания подвижных форм (вытяжка однонормальная азотная кислота) тяжелых металлов (железа, марганца, никеля, меди, свинца, кадмия) в почвах основных локальных фоновых территорий Криворожского железорудного региона. Определены закономерности распределения металлов по почвенному профилю черноземов обыкновенных и южных.

Ключевые слова: Криворожский железорудный регион, почва, тяжелые металлы, локальное фоновое содержание.

В. М. Савосько

Криворізький державний педагогічний університет

ЛОКАЛЬНИЙ ФОНОВИЙ УМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РЕГІОНУ

Установлено рівні вмісту рухливих форм (витяжка однонормальна азотна кислота) важких металів (заліза, марганцю, нікелю, міді, свинцю, кадмію) у ґрунтах основних локальних фонових територій Криворізького залізорудного регіону. Визначено закономірності розподілу металів за ґрунтовим профілем чорноземів звичайних і південних.

Ключові слова: Криворізький залізорудний регіон, ґрунти, важкі метали, локальний фоновий уміст.

V. M. Savosko

Kryvyi Rih State Educational University

THE HEAVY METALS' LOCAL BACKGROUND CONTENT IN SOILS AT KRYVYI RIH IRON-ORE REGION

The levels of content of mobile forms (extraction one normal nitric acid) of heavy metals (iron, manganese, nickel, copper, lead, cadmium) in soils of the main local background areas of Kryvyi Rih iron-ore region are established. Regularity of metals distribution on soil profile of usual and south chernozem is specified.

Key words: Kryvyi Rih iron-ore region, soil, heavy metals, local background content.

В настоящее время тяжелые металлы общепризнанно рассматриваются приоритетными загрязнителями почв индустриальных регионов. Высокие концентрации этих элементов в техногенных эмиссиях, их био- и фитотоксичность неоднократно подтерждались в многочисленных научных публикациях. Негативные эффекты повышенного содержания металлов в почвах также усугубляются продолжительными периодами их полувыведения, которые измеряются в ряде случаев сотнями и тысячами лет (Алексеев, 1987; Ильин, 1991; Кабата-Пендиас, 1989; Цветкова, 1992).

В современных исследованиях наиболее распространенным методом нормирования уровней накопления тяжелых металлов в почвах является гигиенический подход, который базируется на использовании показателей предельно-допустимых концентраций (ПДК) (Гончарук, 1986; Кабата-Пендиас, 1989). Однако такой критерий, направленный на сохранение здоровья людей, не позволяет выявить доленое участие антропогенного фактора в современном содержании металлов в почвах индустриальных регионов (Алексеев, 1987; Ильин, 1991; Цветкова, 2008). В связи с этим для контроля и оценки загрязнения почв металлами также используют значения содержания этих элементов в условно чистых, фоновых почвах (Алексеенко, 2000; Кабата-Пендиас, 1989; Перельман, 1989; Цветкова, 2005).

Исследованиями доказано, что пестрота почвообразовательных условий обуславливает формирование различных уровней содержания тяжелых металлов даже в почвах генетически близких групп (Алексеев, 1987; Ильин, 1991). Вот почему так важно определить локальные фоновые уровни содержания металлов в почвах конкретного индустриального региона (Алексеев, 2000; Фоновий вміст ..., 2003).

Выявление уровней фоновых концентраций тяжелых металлов в почвах очень актуально для Криворожского железорудного региона, который характеризуется наличием природной геохимической аномалии. Это проявляется в особом содержании химических элементов, в том числе и металлов, в объектах окружающей среды: горных породах, подземных и поверхностных водах, живых организмах и, закономерно, в почвах (Досвід комплексної оцінки ..., 2000; Казаков, 2005).

Цель работы – установить значения локального фонового содержания тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были выполнены в г. Кривом Роге и его окрестностях, который расположен в юго-западной части Днепропетровской области (Центральная Украина). В настоящее время г. Кривой Рог является административно-территориальным центром Криворожского железорудного региона (Кривбасс, Криворожье).

По литературным данным, почвенный покров плакорных участков центральной и северной части Кривбасса представлен черноземами обыкновенными среднетощными малогумусовыми. В южной части региона на плакорах распространены черноземы южные, средне- и маломощные, малогумусовые. Помимо этого, в поймах рек Ингулец и частично Саксагань, а также в тальвегах и байраках многочисленных балок почвенный покров представлен лугово-черноземными почвами мощными и очень мощными, тучными (Булава, 1990; Казаков, 2005).

Кроме отмеченных почвенных разностей в Криворожском регионе также встречаются черноземы на аллювии: песчаном, кристаллических пород, известняков и карбонатов. На пониженных участках рельефа (поды, днища балок, участки пойм) локализованы засоленные почвы: солонцы и солончаки. Однако удельный вес этих почвенных разностей в регионе незначителен (Булава, 1990).

При выборе мест для локальных фоновых участков нами учитывались два принципиальных аспекта. Во-первых, территория такого участка должна находиться вне зоны влияния пылевых эмиссий промышленных предприятий Кривбасса. Во-вторых, такой участок должен располагаться в пределах природной геохимической аномалии региона, что устанавливалось по мощности осадочного чехла (данные геологических карт). В общем для изучения естественного содержания тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона нами были выбраны три локальных фоновых участка (ЛФУ): 1) ЛФУ «Север» почвенный покров представлен черноземами обыкновенными, 2) ЛФУ «Юг» – черноземы южные, 3) ЛФУ «Пойма» – лугово-черноземные почвы.

Места для закладки почвенных разрезов в пределах локальных фоновых участков выбирались методом конверта: в центре располагался основной разрез (глубина 120–180 см), в угловых точках – прикопки (глубина 50–70 см). Макроморфологическое описание разрезов, отбор почвенных образцов (через каждые 10 см), а также их подготовку к химическому анализу выполняли по общепринятым методикам (Практикум по почвоведению, 1986).

Получение кислоторастворимой вытяжки для определения содержания подвижных форм тяжелых металлов (железа, марганца, цинка, никеля, меди, свинца, кадмия) осуществлялось следующим образом (Алексеев, 1987). Навеску почвы 2,0 г помещали в фарфоровую чашку и заливали десятикратным количеством (20 мл) однонормальной азотной кислоты. Чашку ставили на песчаную баню и выпаривали кислоту насухо. После этого приливали 10 мл дистиллированной воды и частично ее упаривали. Затем остывший минерализат количественно переносили через фильтр в мерные колбы и доводили объем дистиллированной водой до 20 мл. Конечное определе-

ние металлов в приготовленном фильтрате проводили на атомно-адсорбционном спектрофотометре AAS-30 фирмы Karl Seis-Jena (Германия) (Обухов, 1991).

Полученные результаты содержания тяжелых металлов в почвенных образцах обрабатывали математически методами вариационной статистики с применением прикладных компьютерных программ. В расчетах был принят уровень значимости $P < 0,95$ (Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Локальный фоновый участок «Север» (черноземы обыкновенные)

Локальный фоновый участок «Север» расположен в районе железнодорожной станции Каменное поле на левом берегу р. Саксагань. Месторасположение участка удалено от крупных промышленных предприятий (ОАО «Северный горно-обогатительный комбинат») на расстояние более 15 км в сторону преобладающих направлений ветров. Территория участка используется для эпизодического выпаса скота. Растительность представлена злаковым разнотравьем с доминированием типчака. Проектное покрытие 0,7–0,8.

Почвенный покров участка «Север» нами диагностирован как чернозем обыкновенный среднесуглинистый, развивающийся на лессовидном суглинке (Полевой определитель почв, 1981).

Выполненные химические анализы показали, что в черноземах обыкновенных локального фонового участка «Север» в подвижных формах максимальные концентрации характерны для железа (табл. 1). Содержание этого металла варьируют от 670 до 1570 мг/кг сухой почвы. Количество марганца в 5–10 раз меньше и составляет 100–340 мг/кг сухой почвы. Содержание цинка и никеля находятся примерно на одном уровне – 15–45 мг/кг сухой почвы, что, в сравнении с железом, на два порядка меньше. Количество меди и свинца также находятся на одном уровне – 2–10 мг/кг сухой почвы, что на три порядка меньше, чем железа. Минимальное содержание выявлено у кадмия (0,3–0,9 мг/кг сухой почвы) – это на четыре порядка меньше, чем железа.

Как известно, в пределах почвенного профиля происходит определенное перераспределение химических элементов, которое косвенно указывает на их биологическую значимость (Алексеев, 1987; Цветкова, 1992). Выполненные расчеты показали, что в черноземах обыкновенных локального фонового участка «Север» содержание подвижных форм тяжелых металлов существенно отличается от их количества в материнской породе (рис. 1). При этом имеет место как аккумуляция металлов, так и их выщелачивание.

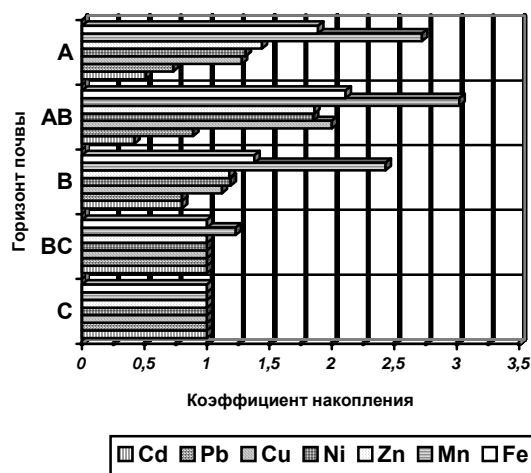


Рис. 1. Относительное накопление подвижных форм тяжелых металлов в почвенном профиле черноземов обыкновенных территории локального фонового участка «Север»

Таблица 1

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземах обыкновенных территории локального фонового участка «Север» (мг/кг сухой почвы)

Металл	Почвенный горизонт	Статистические показатели					
		Min	Max	<i>M</i>	<i>m</i>	σ^2	$v, \%$
Железо	А	1252,00	1573,00	1367,67	72,79	178,30	13,04
	АВ	1430,86	1575,89	1525,92	33,62	82,36	5,40
	В	911,79	1061,66	996,92	31,43	76,99	7,72
	ВС	726,43	853,56	790,00	44,95	89,89	11,38
	С	669,80	775,50	722,65	37,37	74,74	10,34
Марганец	А	265,22	315,53	288,19	10,39	25,44	8,83
	АВ	329,25	343,10	337,80	3,05	7,48	2,21
	В	201,78	300,23	257,57	20,63	50,52	19,61
	ВС	124,60	136,21	130,41	4,10	8,21	6,30
	С	100,32	111,25	105,79	3,86	7,73	7,31
Цинк	А	20,35	23,49	21,93	0,64	1,57	7,16
	АВ	23,74	32,53	28,38	1,80	4,41	15,56
	В	16,22	19,28	18,04	0,66	1,61	8,93
	ВС	16,41	17,27	16,84	0,30	0,61	3,61
	С	14,85	15,65	15,25	0,28	0,57	3,71
Никель	А	24,89	31,38	28,11	1,32	3,25	11,54
	АВ	35,27	45,39	39,76	2,10	5,16	12,97
	В	22,42	28,84	25,56	1,31	3,21	12,57
	ВС	22,14	24,63	23,39	0,88	1,76	7,53
	С	20,56	22,45	21,51	0,67	1,34	6,21
Медь	А	5,19	8,07	6,26	0,64	1,57	25,13
	АВ	8,06	10,84	9,79	0,62	1,51	15,44
	В	5,02	5,76	5,50	0,17	0,42	7,57
	ВС	5,02	5,52	5,27	0,18	0,35	6,71
	С	4,75	5,03	4,89	0,10	0,20	4,05
Свинец	А	1,96	2,49	2,26	0,11	0,27	12,03
	АВ	2,35	3,04	2,78	0,15	0,38	13,49
	В	2,06	2,78	2,50	0,16	0,39	15,43
	ВС	2,75	3,07	2,91	0,11	0,23	7,78
	С	2,99	3,23	3,11	0,08	0,17	5,46
Кадмий	А	0,38	0,50	0,43	0,02	0,06	14,10
	АВ	0,30	0,41	0,35	0,02	0,06	15,59
	В	0,60	0,78	0,67	0,04	0,10	14,80
	ВС	0,86	0,90	0,88	0,01	0,03	3,21
	С	0,81	0,87	0,84	0,02	0,04	5,05

Примечание. Min – минимальное значение выборки; Max – максимальное значение выборки; M – среднее арифметическое; σ^2 – дисперсия; m – абсолютная ошибка средней; $v, \%$ – коэффициент вариации.

По нашему мнению, вполне закономерно, что металлы, которые характеризуются выраженной биофильностью, интенсивно накапливаются в поверхностных гумусовых горизонтах почвенного профиля. Поэтому содержание железа, марганца, цинка и меди в горизонтах А и АВ в 1,3–3,0 раза больше, чем в материнской породе ($P < 0,05$).

Одновременно металлы, которые обладают выраженным фитотоксическим эффектом, деконцентрируются в верхних горизонтах почвы. Вот почему содержание свинца и кадмия в горизонтах А и АВ составляет 25–80 % от их количества в горизонте С ($P < 0,05$). Среди исследованных металлов особое место занимает никель. С одной стороны, биологическая значимость этого элемента окончательно не доказана (Алексеев, 1987; Кабата-Пендиас, 1989). Однако его концентрации в гумусовых горизонтах в 1,2–1,8 раза выше, чем в почвообразующей породе ($P < 0,05$).

Необходимо отметить, что среди почвенных горизонтов чернозема обыкновенного ЛФУ «Север» максимальные уровни аккумуляции подвижных форм тяжелых металлов выявлены в гумусовом переходном горизонте АВ. Данный факт может быть, вероятно, объяснен действием карбонатного геохимического барьера, который препятствует нисходящей миграции по почвенному профилю химических элементов (Перельман, 1989; Алексеенко, 2000; Савосько, 2000). Иллювиальный переходный горизонт ВС, где проявление почвообразовательных процессов минимально, характеризуется наименьшими различиями концентраций подвижных форм тяжелых металлов. Содержание в этом горизонте только марганца отличается от его количества в материнской породе (в 1,2 раза выше ($P < 0,05$)).

Локальный фоновый участок «Юг» (черноземы южные)

Локальный фоновый участок «Юг» расположен в районе с. Цветковое, на расстоянии более 20 км от действующих промышленных предприятий (ОАО «Ингулецкий горно-обогатительный комбинат»). Территория этого участка представляет собой двух-, трехлетнюю залежь, где последний раз культивировалась кукуруза. Растительность представлена однолетними сорняками. Проектное покрытие – 0,4–0,6.

По результатам наших исследований, почвенный покров фонового участка «Юг» представлен черноземами южными карбонатными среднесуглинистыми малогумусовыми среднесуглинистыми, развивающимися на лессовидных суглинках (Полевой определитель почв, 1981).

Проведенный анализ полученных данных показал, что в черноземах южных фонового участка «Юг» в подвижных формах максимальное содержание характерно для железа, концентрации которого находятся в пределах 660–1200 мг/кг сухой почвы (табл. 2). Количество подвижных форм других металлов меньше: марганца на 1,5 порядка (пределы колебания составляют 140–230 мг/кг сухой почвы), цинка и никеля – на два порядка (8–27 мг/кг сухой почвы), меди и свинца – на три порядка (4,0–6,6 мг/кг сухой почвы). Минимальное количество подвижных форм выявлено у кадмия – 0,09–0,82 мг/кг сухой почвы, что на четыре порядка меньше, чем у железа.

Таким образом, в черноземах южных территории локального фонового участка «Юг» концентрации подвижных форм тяжелых металлов образуют следующий убывающий ряд: железо, марганец, никель, цинк, медь, свинец, кадмий.

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземах южных территории локального фонового участка «Юг» (мг/кг сухой почвы)

Металл	Почвенный горизонт	Статистические показатели					
		Min	Max	<i>M</i>	<i>m</i>	σ^2	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
Железо	А	1162,91	1208,33	1185,62	16,06	32,11	2,71
	АВ	925,85	1095,53	1012,60	34,66	84,90	8,38
	В	816,12	872,46	844,29	19,92	39,84	4,72
	ВС	723,11	770,86	746,98	16,88	33,76	4,52
	С	663,46	697,38	680,42	11,99	23,99	3,53
Марганец	А	228,78	230,02	229,40	0,44	0,87	0,38
	АВ	222,83	229,06	226,48	1,33	3,25	1,43
	В	189,62	229,28	209,45	14,02	28,04	13,39

1	2	3	4	5	6	7	8
Марганец	BC	139,64	179,03	159,33	13,93	27,85	17,48
	C	147,11	173,31	160,21	9,26	18,52	11,56
Цинк	A	17,99	18,02	18,01	0,01	0,02	0,12
	AB	12,11	17,96	14,35	1,29	3,15	21,97
	B	11,98	12,76	12,37	0,28	0,55	4,47
	BC	11,14	12,35	11,74	0,43	0,86	7,32
	C	8,25	9,21	8,73	0,34	0,69	7,85
Никель	A	26,41	27,97	27,19	0,55	1,10	4,06
	AB	23,26	25,77	24,63	0,52	1,27	5,15
	B	23,25	25,72	24,48	0,87	1,75	7,14
	BC	18,62	20,36	19,49	0,62	1,23	6,32
	C	17,17	17,72	17,45	0,20	0,39	2,24
Медь	A	6,88	7,60	7,24	0,25	0,51	7,02
	AB	5,05	6,16	5,60	0,23	0,56	9,93
	B	5,46	5,82	5,64	0,13	0,26	4,58
	BC	4,88	5,05	4,96	0,06	0,12	2,42
	C	4,80	5,00	4,90	0,07	0,14	2,82
Свинец	A	4,59	4,85	4,72	0,09	0,18	3,89
	AB	4,02	4,33	4,22	0,07	0,17	4,13
	B	4,41	4,48	4,45	0,02	0,05	1,08
	BC	4,73	5,02	4,87	0,10	0,20	4,20
	C	4,88	5,01	4,94	0,05	0,09	1,82
Кадмий	A	0,13	0,14	0,14	0,01	0,01	8,84
	AB	0,09	0,13	0,11	0,01	0,02	15,38
	B	0,45	0,53	0,49	0,03	0,05	11,07
	BC	0,71	0,77	0,74	0,02	0,04	5,72
	C	0,62	0,82	0,72	0,07	0,14	19,25

Примечание. Min – минимальное значение выборки; Max – максимальное значение выборки; M – среднее арифметическое; σ^2 – дисперсия; m – абсолютная ошибка средней; v, % – коэффициент вариации.

Генезис почв черноземов южных обусловил особенное перераспределение тяжелых металлов по почвенному профилю (рис. 2). Так, содержание железа, марганца, никеля, цинка и меди в почвенных горизонтах А, АВ и В в 1,3–2,1 раза ($P < 0,95$) выше, чем в материнской породе. Также необходимо отметить, что концентрации свинца и кадмия в горизонтах А, АВ и В, наоборот, по сравнению с горизонтом С, на 15–65 % ниже ($P < 0,95$).

Выявленный факт, по нашему мнению, также объясняется биофильностью одних металлов (железо, марганец, цинк, медь) и фитотоксичностью других (свинец и кадмий). Максимальные уровни относительного накопления установлены для цинка, тогда как для меди характерно минимальное относительное накопление (рис. 2). Среди почвенных горизонтов гумусовый аккумулятивный горизонт А характеризуется максимальными уровнями накопления подвижных форм тяжелых металлов, что вполне закономерно и объясняется его близостью к дневной поверхности и действием геохимических барьеров миграции (Перельман, 1989; Алексеенко, 2000; Савосько, 2000).

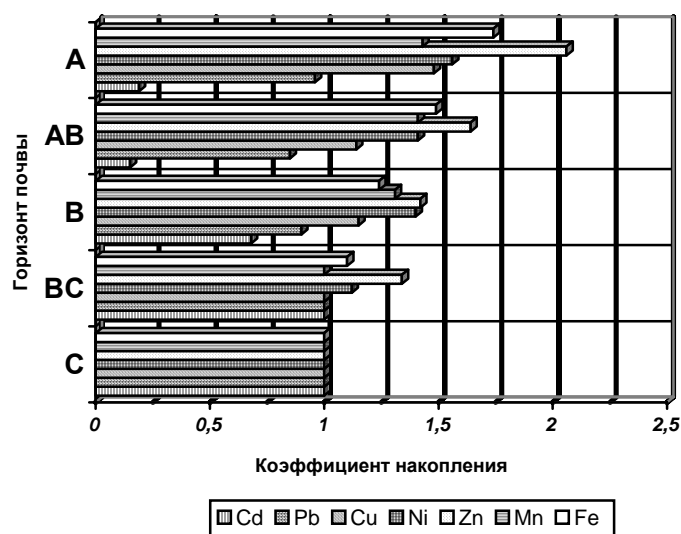


Рис. 2. Относительное накопление подвижных форм тяжелых металлов в почвенном профиле черноземов южных территории локального фонового участка «Юг»

Локальный фоновый участок «Пойма» (лугово-черноземные почвы)

Локальный фоновый участок «Пойма» расположен в районе с. Могилевка, на левом берегу р. Ингулец. Он удален от действующих промышленных предприятий (ОАО «Ингулецкий горно-обогатительный комбинат») на расстояние около 15 км. Территория фонового участка используется как пастбище индивидуального пользования. Растительность представлена бобово-злаковым разнотравьем с доминированием пырея ползучего. Проектное покрытие – более 0,95.

Почвенный покров локального фонового участка «Пойма» нами определен как: лугово-черноземные почвы, обычные, сверхмощные, тучные, среднесуглинистые, развивающиеся на пойменном аллювии (Полевой определитель почв, 1981).

Проведенными анализами установлено, что в лугово-черноземных почвах локального фонового участка «Пойма» в подвижных формах максимально накапливается железо, пределы колебания которого составляют 1500–2000 мг/кг сухой почвы (табл. 3). Содержание подвижных форм остальных металлов несколько ниже: марганца – на один порядок (диапазон концентрации составляет 120–240 мг/кг сухой почвы); никеля и цинка – на два порядка (15–190 мг/кг сухой почвы); меди и свинца – на три порядка (0,7–3,9 мг/кг сухой почвы); кадмия – на четыре порядка (0,1–0,5 мг/кг сухой почвы).

Также необходимо отметить, что в пределах почвенного профиля лугово-черноземных почв территории локального фонового участка «Пойма» содержание большинства тяжелых металлов имеет равномерный выровненный характер.

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в лугово-черноземных почвах территории локального фонового участка «Пойма» (мг/кг сухой почвы)

Металл	Почвенный горизонт	Статистические показатели					
		Min	Max	<i>M</i>	<i>m</i>	σ^2	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
Железо	A1	1830,24	1841,57	1835,45	3,30	5,72	0,31
	A2	1526,32	1915,76	1783,94	50,19	132,78	7,44
	AB	1776,97	2015,86	1928,16	30,46	86,15	4,47

1	2	3	4	5	6	7	8
Марганец	A1	200,12	216,23	210,38	3,64	8,91	4,24
	A2	207,11	227,37	217,13	2,12	7,94	3,66
	AB	119,18	238,90	203,44	9,15	36,62	18,00
Цинк	A1	69,25	86,69	77,15	3,61	8,84	11,45
	A2	61,57	190,49	121,43	10,75	40,22	33,12
	AB	44,48	65,57	56,17	1,99	7,94	14,14
Никель	A1	14,06	18,82	16,99	1,05	2,56	15,09
	A2	16,24	19,20	17,65	0,29	1,08	6,15
	AB	15,32	19,97	18,59	0,40	1,60	8,62
Медь	A1	3,66	3,92	3,79	0,05	0,13	3,43
	A2	2,43	3,32	2,76	0,09	0,32	11,58
	AB	2,21	3,32	2,81	0,10	0,41	14,47
Свинец	A1	0,62	0,85	0,73	0,05	0,12	15,95
	A2	0,86	1,38	1,10	0,05	0,18	16,44
	AB	0,72	1,17	0,96	0,04	0,15	15,80
Кадмий	A1	0,40	0,51	0,46	0,02	0,06	12,06
	A2	0,22	0,35	0,25	0,01	0,05	17,94
	AB	0,11	0,16	0,13	0,01	0,02	12,60

Примечание. Min – минимальное значение выборки; Max – максимальное значение выборки; M – среднее арифметическое; σ^2 – дисперсия; m – абсолютная ошибка средней; v, % – коэффициент вариации.

Таким образом, в лугово-черноземных почвах территории локального фонового участка «Пойма» концентрации подвижных форм тяжелых металлов образуют следующий убывающий ряд: железо, марганец, никель, цинк, медь, свинец, кадмий.

ВЫВОДЫ

Почвенный покров локальных фоновых участков (ЛФУ) Криворожского железорудного региона нами диагностировался как: ЛФУ «Север» – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, развивающийся на лессовидном суглинке; ЛФУ – «Юг» чернозем южный карбонатный среднесуглинистый, развивающийся на лессовидных суглинках; ЛФУ «Пойма» – лугово-черноземные почвы обычные сверхмощные среднесуглинистые, развивающиеся на пойменном аллювии.

В почвах локальных фоновых участков Кривбасса среди исследованных металлов максимальные концентрации в подвижных формах выявлены для железа – 660–1840 мг/кг. Остальные металлы имеют меньшие уровни содержания: на один порядок – марганец (100–330 мг/кг сухой почвы), на два порядка – цинк (11,14–69,25 мг/кг сухой почвы) и никель (15,32–45,39 мг/кг сухой почвы), на три порядка – медь (2,21–8,06 мг/кг сухой почвы) и свинец (0,72–4,88 мг/кг сухой почвы), на четыре – кадмий (0,11–0,90 мг/кг сухой почвы). Такое относительное расположение металлов вполне закономерно и обуславливается их содержанием в основных геологических породах земной коры и также согласуется с распределением металлов в компонентах биосферы, в первую очередь в фитомассе (Ярошевский, 2006).

Генезис почвообразовательных условий локальных фоновых участков Кривбасса обусловил различные уровни содержания подвижных форм тяжелых металлов. Так, в черноземах обыкновенных (ЛФУ «Север») максимальные концентрации характерны для марганца, никеля, меди и свинца. В лугово-черноземных почвах (ЛФУ «Пойма») наивысшие уровни содержания выявлены у железа и цинка, наименьшие –

у марганца, меди и свинца. В черноземах южных (ЛФУ «Юг») максимальное содержание характерно для свинца, минимальное – для железа, цинка, никеля и кадмия.

Тяжелые металлы, характеризующиеся биофильностью (железо, марганец, цинк и медь), в подвижных формах закономерно накапливаются в поверхностных гумусовых горизонтах черноземов обыкновенных и южных локальных фоновых участка Кривбасса, в то время как фитотоксичные металлы (свинец и кадмий) деконцентрируются относительно материнской породы. Среди исследованных металлов особое место занимает никель. Несмотря на отсутствие общепризнанной биологической роли этого элемента, его содержание в гумусовых горизонтах больше, чем в почвообразующей породе. Выявленный факт косвенно указывает на биофильность никеля.

Среди почвенных горизонтов максимальные уровни накопления выявлены в гумусовом аккумулятивном горизонте (черноземы южные) и гумусовом переходном горизонте (черноземы обыкновенные). В пределах почвенного профиля лугово-черноземных почв территории локального фонового участка «Пойма» содержание большинства тяжелых металлов имеет выровненный характер.

Таким образом, установленные значения локального фонового содержания тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона могут быть использованы для разработки и проведения мониторинга трансформации почвенного покрова Кривбасса, в первую очередь под влиянием промышленных предприятий горно-металлургического профиля.

В дальнейшем для более углубленного изучения локального фонового содержания металлов в почвах Кривбасса целесообразно расширить спектр подвижных форм этих элементов за счет использования разнообразных почвенных вытяжек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Ю. В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- Алексеев В. А.** Экологическая геохимия / В. А. Алексеев. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
- Булава Л. Н.** Физико-географический очерк территории Криворожского горнопромышленного района / Л. Н. Булава / Криворожский государственный педагогический институт. – Кривой Рог, 1990. – 125 с. – Рус. – Деп. в Укр. НИИТИ. – № 1808.
- Гончарук Е. И.** Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: Руководство / Е. И. Гончарук, Г. И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1986. – С. 56-73.
- Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська /** За ред. В. М. Палій. – К.: Фенікс, 2000. – 110 с.
- Ильин В. Б.** Тяжелые металлы в системе почва-растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
- Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- Казаков В. Л.** Природнична географія Кривбасу / В. Л. Казаков, І. С. Паранько, М. Г. Сметана та ін. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 156 с.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Обухов А. И.** Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях / А. И. Обухов, И. О. Плеханова. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
- Перельман А. И.** Геохимия / А. И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
- Полевой определитель почв /** Под ред. Н. И. Полулана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
- Практикум по почвоведению /** Под ред. И. С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 10-25.
- Савосько В. Н.** Экологическая роль геохимических барьеров в распределении аэротехногенных тяжелых металлов в почвах Кривбасса / В. Н. Савосько // Вопросы биоиндикации и экологии. – Запорожье: ЗГУ, 2000. – Вып. 5. – С. 145-153.
- Фоновий вміст мікроелементів в ґрунтах України /** А. І. Фатеев, Я. В. Пашенко, С. А. Балюк та ін. / За ред. А. І. Фатеева, Я. В. Пашенко. – Х.: Фенікс, 2003. – 120 с.
- Цветкова Н. Н.** Особенности миграции органико-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины / Н. Н. Цветкова. – Д.: Изд-во ДГУ, 1992. – 236 с.

Цветкова Н. Н. Уровень содержания марганца в почвах урбосистем промышленных городов степного Приднепровья / Н. Н. Цветкова, А. А. Дубина // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, т. 1. – С. 204-209.

Цветкова Н. М. Техногенні аномалії важких металів у ґрунтах урболандшафтів степового Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська) / Н. М. Цветкова, Т. К. Клименко // Ґрунтознавство. – 2005. – Т. 6, № 1-2. – С. 45-52.

Ярошевский А. А. Распространенность химических элементов в земной коре / А. А. Ярошевский // Геохимия. – 2006. – № 1. – С. 54-62.

Надійшла до редколегії 11.11.09