УДК 631.4:502.55 DOI: 10.24411/1816-1863-2019-13041

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ СВАЛКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О. В. Кайданова, *научный сотрудник, o.v.kaydanova@igras.ru, ФГБУН Институт географии РАН, ИГ РАН, Москва, Россия,*
Т. И. Борисочкина, *старший научный сотрудник, geotibor@gmail.com, Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия,*
С. Б. Суслова, *младший научный сотрудник, suslova@igras.ru, ФГБУН Институт географии РАН, ИГ РАН, Москва, Россия,*
И. В. Замотаев, *доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, zamotaev@igras.ru, ФГБУН Институт географии РАН, ИГ РАН, Москва, Россия,*
Н. О. Тельнова, *научный сотрудник, telnova@igras.ru, ФГБУН Институт географии РАН, ИГ РАН, Москва, Россия*

Приводятся результаты геохимических исследований состояния почв функциональных зон и прилегающих территорий закрытой свалки промышленных отходов у южной границы г. Курска. Наиболее высокий уровень загрязнения с чрезвычайно опасной экологической ситуацией (Zc ≫ 128) выявлен в токсииндустратах стратифицированных и серогумусовых техногенных химически загрязненных почвах зоны складирования отходов. Содержание валовых форм Cd и Ni более чем в 100 раз, Pb более чем в 10 раз выше норм ОДК. Концентрации доступных растениям подвижных форм Ni и Pb в почвах и техногенных поверхностных образованиях превышают ПДК соответственно в десятки и сотни раз. В черноземных почвах, прилегающих к свалке, обнаружены повышенные по сравнению с фоном содержания валовых Sb и Zn, а также водорастворимых соединений Cd, Pb и Ni, что свидетельствует о неблагополучном эколого-геохимическом состоянии этих ландшафтов.

The article highlights the outputs of the geochemical study of soils of the functional zones and adjacent areas of the closed industrial waste dump at the southern border of Kursk. The highest level of pollution with extremely dangerous environmental situation (Zc ≫ 128) was found in toxic industrates of the stratified and gray-humus technogenic chemically polluted soils of the waste storage zone. The gross forms of Cd and Ni is more than 100 times higher than estimated permissible concentrations, while Pb is more than 10 times higher. The mobile forms of Ni and Pb available to plants in soils and human-made surface formations are as much as tens and hundreds times higher MPC, respectively. There are higher concentrations of gross Sb and Zn and water-soluble compounds of Cd, Pb and Ni In chernozem soils adjacent to the landfill compared to the background that indicates poor ecological and geochemical conditions of the landscapes.

Ключевые слова: тяжелые металлы, техногенные поверхностные образования, объекты размещения отходов, загрязнение почв, эколого-геохимическая оценка.

Keywords: heavy metals, technogenic surface formations, waste disposal sites, soil pollution, ecological and geochemical assessment.

Введение. Постоянное увеличение накопления промышленных и бытовых отходов на свалках и полигонах — объектах размещения отходов (ОРО) — обусловливает актуальность исследования их негативного воздействия на окружающую среду. Особую опасность представляют промышленные отходы (ПО), содержащие тяжелые металлы (ТМ). Согласно литературным данным в ряде случаев уровни содержания ТМ в поверхностных горизонтах почв в зонах складирования промышленных отходов превышают фоновые значения в 10—1000 раз [1].

Помимо действующих ОРО, существует высокая потенциальная экологическая опасность и от заброшенных рекультивированных свалок промышленных отходов как источников загрязнения ТМ компонентов среды. В первую очередь это относится к почвам, которые, с одной стороны, являются главным депонентом загрязнителей, с другой — выполняют экологические функции по обеспечению устойчи-

вого функционирования биосферы. При анализе эколого-геохимического состояния ландшафтов в сфере воздействия ОРО особую важность приобретают исследования в почвах и техногенных поверхностных образованиях (ТПО) как валового содержания ТМ, так и их подвижных форм, доступных растениям и живым организмам.

Цель исследования — определение валового содержания и форм соединений ТМ в почвах, ТПО рекультивированной свалки промышленных отходов и оценка их эколого-геохимического состояния.

Объекты и методы исследования. В течение 30 лет промышленные отходы, содержащие Pb, Cd, Ni, Sb, Zn, складировались в верховьях небольшой балки бассейна р. Сейм, в нескольких километрах к северо-западу от участка «Стрелецкая степь» Центрально-Черноземного заповедника им. Алехина [2]. Наиболее активное складирование ПО предприятий г. Курска осуществлялось в 1970—1980-е гг. (в первую очередь — Курского аккумуляторного завода (КАЗа), производящего с 1952 г. свинцово-цинковые, а с 1956 г. — никель-кадмиевые аккумуляторы). Промышленные отходы перекрыли часть днища балки в ее верховье, балочные склоны и прилегающие пологие приводораздельные склоны юго-западной экспозиции. В конце 1980-х гг. организованный вывоз и складирование ПО в днище балки прекратились. В 1990-е годы на территории ОРО была проведена рекультивация. Однако в 2000-е гг. поверхность бывшей свалки многократно нарушалась: осуществлялось изъятие отходов, содержащих металлы. Этот процесс сопровождался экскавацией и перемешиванием загрязненного грунта. В настоящее время периферийные участки свалки продолжают использоваться для стихийного складирования строительно-бытового мусора.

На исследуемой территории ОРО природные почвообразующие породы сохранились в верхних частях приводораздельных склонов и на небольших участках днища балки в ее нижней части. Они представлены лессовидными суглинками, аллюво-делювиальными отложениями с примесью отходов разного происхождения. В настоящее время большую часть территории свалки занимают техногенно-рекрементогенные отложения (лат. Recrementum — отбросы, нечистоты, мусор [3]) мощностью от нескольких сантиметров до 5—7 метров. Эти субстраты сильно уплотнены и стратифицированы в ходе рекультивации свалки.

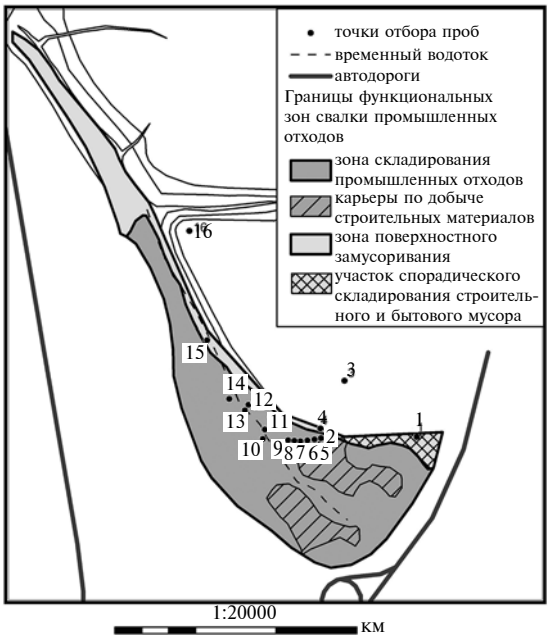

Рис. 1. Карта-схема функциональных зон и точек отбора образцов почв и ТПО в районе размещения свалки промышленных отходов

Почвенный покров природных ландшафтов территории исследований представлен черноземами миграционно-мицелярными на склонах, черноземами гидрометаморфизованными [4] — в днищах балок. На территории свалки преобладают антропогенно-преобразованные почвы и ТПО, прошедшие стадии нарушения (перемешивания, насыпания, погребения) в результате складирования отходов, последующей рекультивации, гарей (пожаров).

Растительный покров ОРО имеет небольшое проективное покрытие и представлен пионерными и рудеральными видами. Вне территорий активного складирования промышленных отходов на крутых и средней крутизны склонах балки западной экспозиции сохранились злаково-разнотравные луга с обедненным видовым составом, проективным покрытием 60—70 % [5]. К территории ОРО примыкают сельскохозяйственные земли — залежи и пашни, занимающие покатые и пологие приводораздельные склоны.

Почвенно-геохимические исследования проводились на территории свалки в 2017 г. в функциональных зонах (рис. 1),

выделенных на основе данных дистанционного зондирования [2, 6]. Отбор образцов почв и ТПО проводился из верхнего горизонта 0—10 см.

Во всех пробах почв и ТПО проводилось исследование валового содержания и форм соединений соединений Pb, Cd, Ni, связанных с наиболее токсичными отходами КАЗа, методом параллельного экстрагирования. При этом были исследованы формы, имеющие наибольшее информативное значение при эколого-геохимической оценке почв и ТПО: кислоторастворимые (1 н HNO_3), подвижные (соединения ТМ, переходящие в ацетатно-аммонийную вытяжку с pH ААБ 4,8) и водорастворимые [7, 8]. Содержание указанных элементов определялось методом атомной абсорбции на спектрометре «Квант-2АТ».

Дополнительно в функциональных зонах и на склоне балки без видимых признаков замусоривания в пробах почв и ТПО, отобранных на ключевых точках, было проведено определение содержаний валовых форм широкого спектра ТМ методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP—MS, прибор ELAN 6100 фирмы Perkin Elmer).

Уровень загрязнения оценивался по значениям *Kc* (коэффициентов концентрации): $Kc = C_i/C_ф$, где C_i — содержание элемента в почве и ТПО, $C_ф$ — фоновое содержание. В качестве фоновых содержаний взяты концентрации микроэлементов в черноземах миграционно-мицелярных Курской Биосферной Станции (КБС) Института географии РАН, находящейся в 6 км к югу от территории исследования, ландшафты которой не испытывают направленной техногенной нагрузки. Для интегральной оценки загрязнения почв и ТПО территории исследования ТМ и степени экологической опасности использовался суммарный показатель загрязнения $Zc = \Sigma Kc - (n - 1)$, где n — число ТМ с $Kc > 1{,}5$ [9]. Также проведена оценка их экологического состояния на основе принятых в РФ нормативных значений ПДК для ТМ, переходящих в ацетатно-аммонийную вытяжку [10] и ОДК для валовых форм [11].

Результаты и их обсуждение. В почвенном покрове днища балки зоны складирования ПО в условиях рекультивационного микрорельефа, представленного сложным сочетанием небольших насыпных валов, микротеррас и разделяющих их понижений, доминируют техногенные поверхностные образования. Согласно классификации почв России [4] выделенные на мощных техногенно-рекрементогенных [3] отложениях (5—7 м) ТПО относятся к токсииндустратам стратифицированным. На маломощных (до 1 м) техногенно-рекрементогенных отложениях формируются серогумусовые техногенные химически-загрязненные (слаборазвитые дерновые) почвы. В зоне поверхностного замусоривания развиты черноземы гидрометаморфизованные с признаками урбопедогенеза, на склонах балки вблизи границ свалки — черноземы миграционно-мицелярные.

В ходе исследования широкого спектра ТМ в почвах и ТПО функциональных зон свалки были обнаружены в существенно повышенных концентрациях Cr, Cu, Sn; в чрезвычайно высоких концентрациях — ТМ, связанные с отходами КАЗа: Zn, Pb, Cd, Ni, Sb (табл. 1).

Наиболее высокие концентрации ТМ обнаружены в токсииндустратах стратифицированных зоны складирования отходов (т. 9, 13). Значительное превышение содержаний отмечается для Sb ($Kc = 2040{,}2$), Zn ($Kc = 248{,}7$), Cd ($Kc = 643{,}8$) и Pb ($Kc = 125{,}3$). Расчеты суммарного показателя загрязнения (Zc) ТПО зоны складирования отходов показали, что согласно принятым нормативам [8] уровень загрязнения здесь оценивается как максимальный ($Zc > 128$), чрезвычайно опасный. В зоне поверхностного замусоривания почвы характеризуются высоким уровнем и опасной степенью загрязнения ($32 < Zc < 64$).

Повышенные по сравнению с фоном содержания Sb ($Kc = 4{,}8$) и Zn ($Kc = 2{,}4$) фиксируются в поверхностных горизонтах черноземов миграционно-мицелярных пологих приводораздельных склонов под залежами за пределами свалки (т. 16). Вероятно, загрязнение этих почв произошло в результате аэрального переноса ТМ в период использования свалки, а также в последующие годы, когда на ее территории проводились рекультивация и извлечение металлосодержащих отходов (табл. 1).

В связи с тем, что ОРО использовался для захоронения промышленных отхо-

дов КАЗа, содержащих Pb, Cd, Ni, было обращено особое внимание на содержание этих токсичных ТМ в исследуемых почвах и ТПО. Результаты анализа валового содержания и форм соединений ТМ позволили дать оценку эколого-геохимического состояния почв и ТПО свалки и прилегающих ландшафтов.

Изучение валовых форм ТМ показало, что в зоне складирования содержание Cd и Ni более чем в 100 раз, Pb более чем в 10 раз превышает ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) для исследуемых почв и ТПО (табл. 2). Распространенные в зоне замусоривания черноземы гидрометаморфизованные с признаками урбопедогенеза характеризуются повышенными по сравнению с ОДК значениями Cd (в 2 раза). Валовое содержание ТМ в почвах вблизи границ ОРО не превышает показатели ОДК.

Разбавленные кислотные вытяжки (1 н HCl, 1 н HNO_3) традиционно используют для экспресс-анализа экологического состояния загрязненных почв. Кислоты переводят в раствор обменные ионы металлов и металлы, специфически сорбированные карбонатами, (гидр)оксидами железа и марганца [12]. Высокая доля кислоторастворимых соединений ТМ в почвах отличает загрязненные территории. Фоновые почвы по количеству (%) извлекаемых кислотной вытяжкой ТМ характеризуются рядом: Cd > Pb > Ni (рис. 2, *а*). Это соотношение сохраняется в почвах и ТПО зон замусоривания и активного складирования, но при этом процент извлекаемых кислотнорастворимых соединений Cd и Pb в них резко возрастает и достигает в отдельных точках 95—99 % (рис. 2, *в*, *г*). В черноземах миграционно-мицелярных, развитых на склоне балки вблизи границ свалки, количество извлекаемого кислотной вытяжкой Cd увеличивается незначительно, а Ni и Pb возрастает в 2 и 3 раза соответственно по сравнению с фоновыми значениями. Для этих почв по количеству извлекаемых кислотной вытяжкой ТМ характерен ряд: Pb > Cd > Ni (рис. 2, *б*).

Полученные результаты свидетельствуют о существенной геохимической трансформации почв ОРО: в зоне складирования промышленных отходов практически весь валовой Cd и Pb и 60 % Ni находится в кислоторастворимой форме (рис. 2, *г*). Изменения наблюдаются даже в почвах прилегающих территорий, визуально не испытывающих техногенное воздействие: порядка 40 % Cd, Ni, и 60 % Pb (от валового содержания) находится в кислоторастворимой форме.

Таблица 1

Геохимическая характеристика загрязнения почв и ТПО функциональных зон свалки и окружающих ландшафтов, 2017 г. [6]

ТМ	Зона складирования промышленных отходов			Зона поверхностного замусоривания	Пологие приводораздельные склоны	Пологие приводораздельные склоны на территории КБС
	Почвы и ТПО					
	Серо-гумусовые техногенные химически загрязненные почвы	Токсиндустраты стратифицированные		Черноземы гидрометаморфизованные с признаками урбопедогенеза	Черноземы миграционно-мицелярные	Черноземы миграционно-мицелярные
	т. 7	т. 9	т. 13	т. 15	т. 16	Содержание ТМ в мг/кг
				Кс		
Cr	4,1	10,0	5,7	0,9	0,7	45,0
Ni	29,8	16,8	51,0	1,4	1,2	30,0
Cu	8,9	30,3	40,1	2,6	1,9	20,0
Zn	74,8	248,7	236,0	8,5	2,4	44,0
Cd	156,2	115,2	643,8	11,0	0,25	0,4
Sn	5,1	23,1	29,4	2,2	1,0	1,5
Sb	615,4	2040,2	1143,2	40,6	4,8	0,5
Pb	10,5	37,5	125,3	1,6	0,8	25,0
				Zc		
	898	2515	2267	62	3	

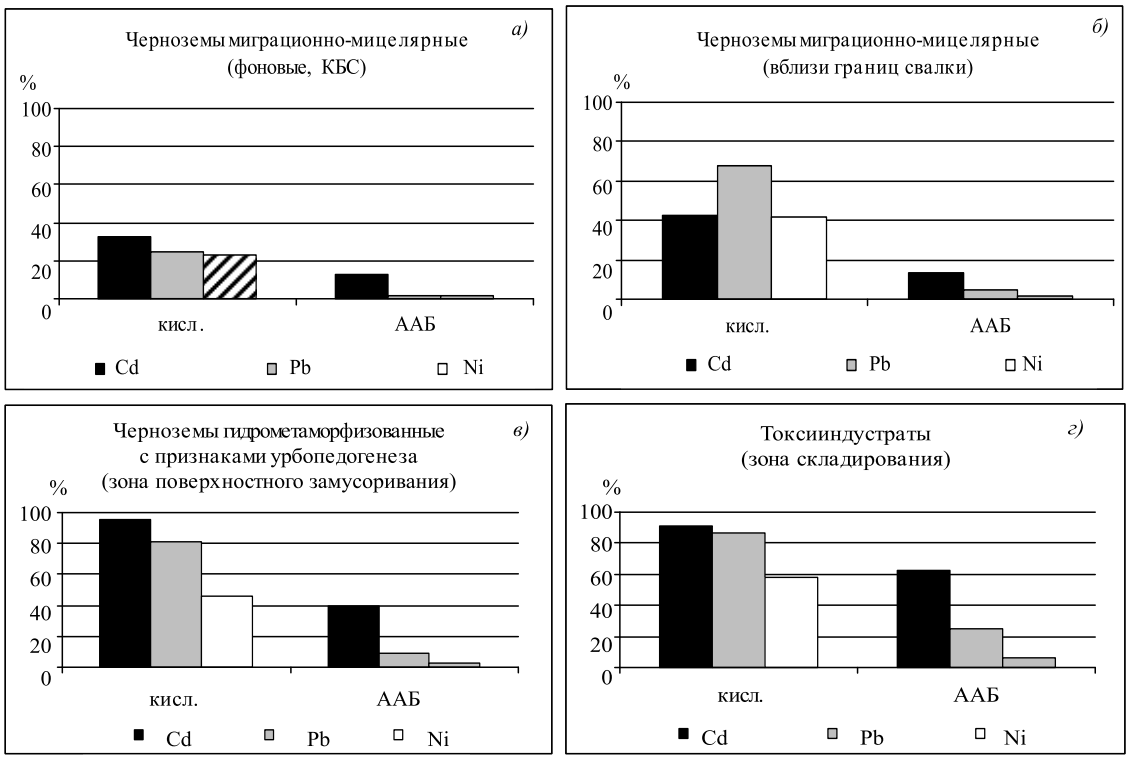

Рис. 2. Распределение форм соединений ТМ в почвах (% от валового содержания)

Расчеты Кс кислоторастворимых соединений ТМ почв и ТПО свалки по отношению к фону также подтверждают вывод об их существенном геохимическом преобразовании: в зоне складирования содержание Pb и Ni в десятки и сотни раз выше фоновых значений, а превышения Cd достигают нескольких тысяч. В черноземах зоны замусоривания значения Кс для кислоторастворимых соединений Cd, Pb и Ni составляют 11; 1,8 и 1,5 соответственно. В почвах вблизи ОРО значимые величины Кс отмечаются только для Cd — 1,8 (табл. 2).

Тяжелые металлы, извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером (ААБ), считаются подвижными и доступными растениям. В фоновых почвах проценты извлекаемых подвижных Cd, Pb и Ni соответственно составляют 12,5; 1,5; 1. В почвах вблизи свалки отмечается увеличение извлекаемых Pb и Ni в 3 раза. Наибольшие показатели процентного извлечения подвижных соединений ТМ по отношению к валовому содержанию наблюдаются в почвах и ТПО зоны складирования: Cd —63 %, Pb — 25 % и Ni — 6 % (рис. 2, *г*).

Значения Кс подвижных ТМ в серо-гумусовых почвах и токсииндустратах этой зоны являются максимальными и составляют для Cd, Pb и Ni 780-4320, 636-2631 и 85-233 соответственно. Содержание подвижного Pb здесь в десятки-сотни, Ni в десятки раз превышают ПДК (табл. 2). *Кс* подвижных ТМ в почвах зоны замусоривания ниже, но все же существенны: *Кс*(Cd) = 10; *Кс*(Pb) = 3,4; *Кс*(Ni) = 1,4. Содержание подвижных форм ТМ в почвах вблизи ОРО не превышает фоновые значения, за исключением Cd: *Кс*(Cd) = 2.

В почвах фоновых территорий содержание наиболее мобильной части валового состава — водорастворимых соединений ТМ ничтожно мало. Значимые же величины этих соединений в загрязненных почвах и ТПО уже свидетельствуют о неблагополучном эколого-геохимическом состоянии ландшафтов. Результаты, приведенные в табл. 2, показывают, что опасная экологическая ситуация по содержаниям в почвах водорастворимых соединений ТМ наблюдается уже в ландшафтах, примыкающих к свалке.

Выводы. В почвенном покрове днища балки зоны складирования ПО доминируют техногенные поверхностные образования на мощных техногенно-рекрементогенных отложениях. В соответствии с новой классификацией почв России они отнесены к токсииндустратам стратифи-

Таблица 2

Эколого-геохимическая характеристика почв и ТПО свалки и прилегающих территорий

Почвы	Cd				Ni				Pb			
	Вал	Кисл.	ААБ	Водораств.	Вал	Кисл.	ААБ	Водораств.	Вал	Кисл.	ААБ	Водораств.
Черноземы миграционно-мицелярные вблизи свалки	0,55—0,58 / 1,5	0,23—0,25 / 1,8	0,06—0,09 / 2	$5 \cdot 10^{-5}$ / 2,5	15,7—22,5 / —**	7,3—8,2 / 1,1	0,3—0,4 / —	0,1—0,4 / 57	6,3—6,5 / —	4,3—4,4 / —	0,2—0,4 / —	0,001—0,08 / 20
Черноземы гидрометаморфизованные с признаками урбопедогенеза	0,6—3,3 / 4	0,5—3,1 / 11	0,2—1,3 / 10	$5 \cdot 10^{-5}$—$3 \cdot 10^{-4}$ / 8	16,5—31,8 / 1	7,6—14,8 / 1,5	0,3—0,8 / 1,4	0,04—0,6 / 56	8,5—18,1 / —	5,9—14,7 / 1,8	0,6—1,7 / 3,4	0,002—0,08 / 14
Серо-гумусовые техногенные химически загрязненные	52—122 / 217	50—118 / 646	19—59 / 780	0,007—0,01 / 475	523—747 / 21	287—422 / 52	15—44 / 85	0,2—0,7 / 89	153—1764 / 38,3	109—1688 / 147	34—437 / 636	0,03—0,4 / 106
Токсииндустраты стратифицированные	233—445 / 874	209—437 / 2488	162—262 / 4320	0,04—0,1 / 4260	861—1994 / 45	642—1265 / 114	77—98 / 233	0,2—0,9 / 111	1701—4805 / 98	1387—4498 / 413	484—2145 / 2631	0,3—07 / 241
Черноземы миграционно-мицелярные КБС	0,4	0,13	0,05	$2 \cdot 10^{-5}$	30	6,8	0,35	0,005	25	6,1	0,37	0,002
ПДК, мг/кг			—				4				6	
ОДК, мг/кг	2				80				130			

*В числителе указано min-max значение содержаний ТМ в мг/кг, в знаменателе — $Kc_{средн}$.

** Прочерк (—) в знаменателе — Кс < 1.

цированным. Почвы на маломощных отложениях классифицируются как серогумусовые техногенные химически загрязненные.

1. Содержания ТМ в токсииндустратах стратифицированных и серогумусовых техногенных химически загрязненных почвах зоны складирования ПО превышают фоновые значения в десятки и сотни (Pb, Ni, Zn), в сотни и тысячи (Cd, Sb) раз. Степень загрязнения почв и ТПО по принятым нормативам оценивается как чрезвычайно опасная (Zc от 898 до 2515). Содержание валовых форм Cd и Ni более чем в 100 раз, Pb более чем в 10 раз превышает ОДК.

2. Исследование фракционного состава соединений Pb, Cd, Ni показало, что в почвах и ТПО зоны складирования ПО практически весь валовой Cd и Pb и большая часть Ni (60 %) находятся в кислоторастворимой форме. Высокий процент содержания подвижных форм Cd (63 % от валового), доступных растениям, позволяет считать его наиболее мобильным загрязнителем компонентов окружающих ландшафтов. Содержание подвижных форм Ni и Pb в техногенных почвах и ТПО существенно превышает санитарно-гигиенические нормы: соответственно в десятки и сотни раз выше ПДК.

3. В зоне замусоривания содержание валовых и подвижных форм Pb и Ni в техногенных почвах снижается до фоновых значений. Концентрация Cd остается высокой, превышающей фоновые значения и ОДК.

4. Изменения геохимических показателей почв не ограничиваются пределами отведенной территории складирования промышленных отходов. Повышенное содержание Sb (почти в 5 раз выше фона) и Zn (в 2,5 раза) сохраняется в поверхностных горизонтах черноземов на пологих приводораздельных склонах, примыкающих к ОРО. Присутствие в почвах водорастворимых соединений Cd, Pb и Ni, в десятки раз превышающих фоновые, свидетельствует об опасной экологической ситуации вблизи границ свалки.

Исследования проводились по темам Государственных заданий ФГБУН ИГ РАН № 0148-2019-0007 (НИОКТР АААА-А19-119021990093-8) и № 0148-2019-0006 (НИОКТР АААА-А19-119022190169-5) и Почвенного института им. В. В. Докучаева № 0591 — 2019 0024.

Библиографический список

1. Ковалева Е. И., Яковлев А. С., Дувалина Е. А. Организация мониторинга объектов размещения отходов (на примере полигона твердых бытовых отходов Московской области) // Изв. Самарского науч. центра РАН. — 2012. — Т. 14. № 1 (9). — С. 2418—2422.
2. Тельнова Н. О., Замотаев И. В., Кайданова О. В., Суслова С. Б. Динамика ландшафтной структуры в зоне многолетнего воздействия свалки твердых бытовых и промышленных отходов в Курской области // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов. Материалы XIII Междунар. ландшафтной конф., посвященной столетию со дня рождения Ф. Н. Милькова, 14—17 мая 2018 г., Воронеж. — Т. 1. — С. 463—464.
3. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение, 2011. — № 5. — С. 611—623.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 235 с.
5. Замотаев И. В., Кайданова О. В., Суслова С. Б. Тяжелые металлы в травянистой растительности свалки промышленных отходов // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов XX Междунар. научно-практ. конф. Т. 1. 25—27 апреля 2019 г. — Москва: РУДН, 2019. — С. 253—257.
6. Замотаев И. В., Тельнова Н. О., Кайданова О. В., Борисочкина Т. И., Суслова С. Б. Дистанционный и геохимический мониторинг почвенно-растительного покрова объектов размещения отходов (Курская область) // Известия РАН, серия географ. — 2019. — № 5. в печати
7. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Воробьевой Л. А. — М.: Изд-во ГЕОС, 2006. — 400 с.
8. Ладонин Д. В. Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах. Автореф. дис. ... докт. биол. н. Москва, 2016. 42 с.
9. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. — М.: ИМГРЭ, 1982. — 112 с.

10. ГН 2.1.7.2041—06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. — 3 с.
11. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 10 с.
12. Минкина Т. М., Мотузова Г. В., Назаренко О. Г. Состав соединений тяжелых металлов в почвах. — Ростов-на-Дону: изд-во «Эверест», 2009. — 208 с.

HEAVY METALS IN SOILS OF INDUSTRIAL WASTES DUMPING SITE IN THE KURSK REGION

O. V. Kaidanova, *Researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, o.v.kaydanova@ igras.ru,*
T. I. Borisochkina, *Senior Researcher,, geotibor@gmail.com, V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow,*
S. B. Suslova, *Associate Researcher, suslova@ igras.ru,*
I. V. Zamotaev, *Leading Researcher, zamotaev@igras.ru,*
N. O. Telnova, *Researcher, telnova@igras.ru. Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow*

References

1. Kovaleva E. I., Yakovlev A. S., Duvalina E. A. Organizaciya monitoringa ob'ektov razmeshcheniya othodov (na primere poligona tverdyh bytovyh othodov Moskovskoj oblasti) [Organization the Monitoring of Wastage Objects Placement: a case study of Solid Household Wastage Polygon in Moscow Oblast)]. *Izv. Samarskogo nauch. centra RAN.* 2012. Vol. 14. No 1 (9). P. 2418—2422 [in Russian]
2. Telnova N. O., Zamotaev I. V., Kaidanova O. V., Suslova S. B. Dinamika landshaftnoj struktury v zone mnogoletnego vozdejstviya svalki tverdyh bytovyh i promyshlennyh othodov v Kurskoj oblasti [Changes in Landscape Structure Under the Long-Term Impact of Municipal Solid and Industrial Waste Dumping Site in the Kursk Region]. Sovremennoe landshaftno-ekologicheskoe sostoyanie i problemy optimizacii prirodnoj sredy regionov. *Materialy XIII Mezhdunar. landshaftnoj konf., posvyashchennoj stoletiyu so dnya rozhdeniya F. N. Mil'kova, 14—17 Maya 2018 g., Voronezh.* Vol. 1. P. 463—464 [in Russian]
3. Prokofyeva T. V., Martynenko I. A., Ivannikov F. A. Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils. *Eurasian Soil Science.* 2011. Vol. 44. No 5. P. 561—571.
4. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Classification and Diagnostics of Soils in Russia]. L. L. Shishov, V. D. Tonkonogov, I. I. Lebedeva, M. I. Gerasimova. Smolensk, Ojkumena, 2004. 235 p. [in Russian]
5. Zamotaev I. V., Kaidanova O. V., Suslova S. B. Tyazhelye metally v travyanistoj rastitel'nosti svalki promyshlennyh othodov [Heavy Metals in the Herbaceous Vegetation of the Landfill Waste]. Aktual'nye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya: *sbornik nauchnyh trudov XX Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* Vol. 1. 25—27 aprelya 2019 g. Moskva, RUDN, 2019. P. 253—257 [in Russian]
6. Zamotaev I. V., Telnova N. O., Kaidanova O. V., Borisochkina T. I., Suslova S. B. Distancionnyj i geohimicheskij monitoring pochvenno-rastitel'nogo pokrova ob'ektov razmeshcheniya othodov (Kurskaya oblast') [Remote-sensing and Geochemical Monitoring for the State of Soils and Vegetation Cover under the Impact of Industrial Waste Dumping Site (Kursk Region)]. *Izvestiya RAN, seriya geograf.* 2019. No 5. In press. [in Russian]
7. Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv [Theory and Practice of Chemical Soil Analysis]. Ed. by Vorob'eva L. A. Moscow, Izd-vo GEOS, 2006. 400 p. [in Russian]
8. Ladonin D. V. Formy soedinenij tyazhelyh metallov v tekhnogenno-zagryaznennyh pochvah [Forms of Compounds of Heavy Metals in Polluted Soils]. *Thesis abstract for Ph. D. in Biology.* Moscow, 2016. 42 p. [in Russian]
9. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoj ocenke zagryazneniya territorii gorodov himicheskimi elementami [Methodic Recommendations for Geochemical Assessment of Pollution of Urban Areas Chemical Elements]. Moscow, IMGRE, 1982. 112 p. [in Russian]
10. GN 2.1.7.2041—06. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskih veshchestv v pochve. Moscow, Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2006. 3 p. [in Russian]
11. GN 2.1.7.2511—09. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskih veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy. Moscow, Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. 10 p. [in Russian]
12. Minkina T. M., Motuzova G. V., Nazarenko O. G. Sostav soedinenij tyazhelyh metallov v pochvah [The Content of Heavy Metals Compounds in Soil]. Rostov-na-Donu, izd-vo Everest, 2009. 208 p. [in Russian]