



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 631.4

ВАЛОВЫЕ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИИ ВОЛГОГРАД–ВОЛЖСКИЙ GROSS FORMS OF HEAVY METALS IN SOILS AGGLOMERATION OF VOLGOGRAD–VOLZHISKY

**Н.Г. Кастерина^{1, 2}, А.А. Околева¹, В.Н. Заикина¹, А.К. Шерстнев³
N.G. Kasterina^{1, 2}, A.A. Okolelova¹, V.N. Zaikina¹, A.K. Sherstnev³**

¹ Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28

² Волжский политехнический институт (филиал ВолгГТУ), Россия, 404121, Волгоградская область, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а

³ Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии, Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42; 344090, г. Ростов-на-Дону, Проспект Стачки 194/1

¹ Volgograd state technical University, 28 Lenin Avenue, Volgograd, 400005, Russia

² Volzhsky Polytechnic Institute (branch VSTU), 42a Engels St, Volzhsky, Volgograd region, 404121, Russia

³ Southern Federal University, Academy of biology and biotechnology, 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya, 105/42, 194/1 Prospect Stachki, Rostov-na-Donu, 344090, Russia

E-mail: vtp@volpi.ru; kokorinaNG@yandex.ru; aek@sfedu.ru; aksherstnev@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, светло-каштановая почва, аллювиальная почва, накопление тяжелых металлов, ПДК.

Key words: heavy metals, light brown soil, alluvial soil, accumulation of heavy metals, maximum concentration limit.

Аннотация. В данной статье приведены сведения об экспериментальных исследованиях и анализе содержания валовых форм тяжелых металлов (ТМ) (ванадия, стронция, кобальта, никеля, меди, хрома, мышьяка, цинка и свинца) в светло-каштановых почвах различного гранулометрического состава и аллювиальных почвах агломерации Волгоград – Волжский. Во всех исследуемых почвах обнаружено: превышение ПДК Ni и As, в светло-каштановых – дополнительно Zn, а в аллювиальных почвах – Cr. Также локально в светло-каштановых почвах выявлено превышение ПДК Pb, Cr, Cu, а в аллювиальных почвах – Cu, Zn.

Для светло-каштановых почв максимальные концентрации элементов характерны на участках АЗС № 3 (Cr, Sr, As, Zn); АЗС №1 (Co, Cu, Pb); железной дороги (V, Ni). Минимальная концентрация элементов выявлена в светло-каштановых почвах заброшенной АЗС Волгограда (V, Co, Cu, Cr, As, Pb); АЗС № 3 (Ni); АЗС №1 г. Волжского (Zn). Для аллювиальных почв наибольшее накопление исследуемых тяжелых металлов обнаружено на участках Речпорта, кроме цинка (его концентрация наибольшая в районе ГЭС). Минимальная аккумуляция элементов в аллювиальных почвах установлена на участках АЗС №2 (V, Ni, Co, Zn) и ГЭС (Sr, Cu, As, Pb). Концентрация хрома одинакова во всех аллювиальных почвах.

В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше содержание Sr, Cr, Zn и ниже – V, Ni, Cu, As, Co, Pb. Накопление ТМ в почвах связано с влиянием промышленных объектов и ветровым режимом (розовой ветров). Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, часто не коррелирует со свойствами почв, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов.

Resume. This article provides information on the experimental study and the analysis of the content of gross forms of heavy metals (HM) (vanadium, strontium, cobalt, nickel, copper, chromium, arsenic, zinc and lead) in light chestnut soils of different granulometric composition and alluvial soils of agglomeration Volgograd-Volzhsky. In all the studied soils there was found: the exceeding of Ni and As, in light chestnut – additionally, Zn, and in alluvial soils – Cr. Also locally in light chestnut soils there was revealed the exceeding Pb, Cr, Cu, and in alluvial soils – Cu, Zn

For light-chestnut soils maximum concentration of elements characteristic on sites of station number 3 (Cr, Sr, As, Zn); the gas station number 1 (Co, Cu, Pb); railways (V, Ni). The minimum concentration of elements detected in the light-chestnut soils of an abandoned gas station of Volgograd (V, Co, Cu, Cr, As, Pb); the gas station number 3 (Ni); the gas station number 1 in Volzhsky (Zn). For alluvial soils, the greatest accumulation of studied heavy metals detected on sectors of the port, except for zinc (its concentration is greatest in the area of the Volga hydroelectric power station). Minimal accumulation of elements in alluvial soils is detected on sites of station number 2 (V, Ni, Co, Zn) and Volga hydroelectric power station (Sr, Cu, As, Pb). The concentration of chromium is the same in all alluvial soils

In light chestnut soils compared to alluvial soils is higher content of Sr, Cr, Zn and below – V, Ni, Cu, As, Co, Pb.

The accumulation of heavy metals in soils is due to the influence of industrial facilities and wind regime (wind rose).

The main factor of HM accumulation is technogenesis, which often overrides the influence of the natural factors of soil formation, often does not correlate with soil properties, but depends on the degree of anthropogenic load and chemical properties of elements.



Введение

В крупных промышленных городах почвы испытывают хронический стресс, одной из причин которого является постоянное и прогрессирующее поступление загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, которые представляют собой специфическую группу особо токсичных загрязнителей. Количество антропогенных источников загрязнения окружающей среды в черте агломерации Волгоград – Волжский – одно из самых больших на территории России. Это – основная причина мощного потока поллютантов, поступающего в почвы урбо-ландшафтов данного региона. Разработка эффективных и экологически безопасных мероприятий для снижения «металлического пресса» невозможна без мониторинга концентрации тяжелых металлов (ТМ) в почвах различного генезиса вблизи источников антропогенного воздействия на экосистемы (промышленные объекты, транспортные магистрали, АЗС). Объективность оценки токсикации почв тяжелыми металлами повышается при учете фоновой концентрации химических элементов в почвах на незагрязненных участках.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования расположены на территории агломерации Волгоград–Волжский, административно принадлежащей Волгоградской области, на юго-востоке Восточно-Европейской равнины.

По природно-климатическим условиям агломерацию можно разделить на три зоны: северная, пригородная – Волжский; центральная, юго-западная – Волгоград; Волго-Ахтубинская пойма – водно-болотные угодья на стыке степной и полупустынных зон, включающие территорию Природного парка. Нами выбраны следующие объекты.

Северная зона:

– АЗС №1, г. Волжский (N 48°48'33.74'' E 44°48'03.00''), в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод»; светло-каштановая глинистая почва.

– железная дорога (N 48°48'40.07'' E 44°47'44.99''), на равнинной поверхности на расстоянии около 830 м от ОАО «Волжский трубный завод» г. Волжского, светло-каштановая песчаная почва.

– АЗС №3, г. Волжский (N 48°48'40.38'' E 44°48'04.31''), в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод», светло-каштановая песчаная почва.

Центральная зона:

– заброшенная АЗС Тракторозаводского района Волгограда (N 48°48'58.72'' E 44°35'59.31''), северная окраина Волгограда; с 2004 года не эксплуатируется, расположена на равнинной поверхности на расстоянии 4.6 км от ОАО «Тракторная компания «ВгТЗ». Тип почвы – светло-каштановая песчаная.

– окрестности Волжской ГЭС (N 48°49'53.31'' E 44°42'45.74''), левый берег Волги напротив Волжской ГЭС, в радиусе 50 километров нет ни одного химического предприятия. Участок находится в двух метрах от р. Волги, замер сделан после схода паводковых вод, во время паводковых разливов расстояние от места отбора проб до уреза воды в реке уменьшается до 0.5 м. Территория является природоохранной и водоохранной зоной, расположена на насыпной надпойменной террасе р. Волги. Почва аллювиальная дерновая песчаная.

Пойма:

– санитарно-защитная зона (СЗЗ) Речпорта (N 48°49'12.62'' E 44°41'12.41''), левый берег р. Волги напротив Речпорта, в 8.7 км от АО «Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь».

– АЗС №2, рабочий поселок (р. п.) Средняя Ахтуба (N 48°44'53.91'' E 44°50'08.40''), в радиусе 50 км нет химических предприятий. Среднеахтубинский район. Расположена на вершине склона в Волго-Ахтубинской пойме, в надпойменной террасе р. Ахтубы.

Почвы СЗЗ Речпорта и АЗС №2 – аллювиальные дерновые песчаные.

Отбор проб почв проводили с глубины 0–20 см по ГОСТу 17.4.3.01-83; органический углерод (гумус) определяли по И.В. Тюрину со спектрофотометрическим окончанием, ГОСТ 26213-91; плотность – по Н.А. Качинскому, ГОСТ 5180-84; влажность – весовым методом, ГОСТ 28268-89. Анализировали валовое содержание элементов I (*Zn, Pb, As*), II (*Co, Ni, Cu, Cr*), III (*Sr, V*) классов опасности на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ (г. Ростов-на-Дону) рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV».

Результаты и их обсуждение

Фоновая концентрация цинка в почвах Волгоградской области, определенная 45 лет назад, составляла 25–65 мг/кг, меди – 0.40–4.0, мышьяка – 6.3, кобальта – 5–10 [Дегтярева,



Жулидова, 1970]. Проведенные Г.К. Лобачевой с соавторами в 2006 г. исследования накопления тяжелых металлов в почвах северной части Волгограда в зоне деятельности металлургического комбината «Красный Октябрь» определили интервалы изменения концентраций свинца – 4.7–14.8, цинка 7.3–10.6, концентрация ртути стабильна – 0.05 мг/кг [Лобачева и др., 2008]. В аллювиально-луговых почвах Волго-Ахтубинской поймы выявлены следующие значения ТМ: As – 5.1 мг/кг, Cu – 23.1, Hg – 0.03, Pb – 9.2, Zn – 60.8, Co – 6.8, Ni – 35.1 [Кретинин и др., 2006]. Фондовых данных по содержанию в почвах агломерации хрома, стронция и ванадия нами не найдено. Остров Голодный, расположен напротив Центральной набережной Речпорта, между двумя рукавами Волги. Его интенсивно размывает половодье. В 6 км от него на правом берегу Волги расположен металлургический комбинат «Красный октябрь». Почвенный покров претерпел значительные изменения, это перемешано-насыпные культурные отложения легкого гранулометрического состава с трансформированным профилем и наличие антропогенных включений (обломки кирпичей, шифера, стекла). Содержание ТМ в верхнем 0–20 см слое достигает: As – 5.5 мг/кг, Cu – 6.1, Hg – 0.008, Pb – 413.0, Zn – 40.0, Co – 2.4, Ni – 13.7 [Околелова и др., 2014а].

Анализы светло-каштановых почв агломерации, проведенные нами ранее в 2006–2009 гг. выявили следующее: концентрация цинка достигает 488.7 мг/кг, меди – 182, свинца – 34.3, никеля – 33, мышьяка – 12.7, кобальта – 10. Полученные нами данные за 2010–2012 годы показали, что концентрация цинка изменяется в интервале 29.4–195.0 мг/кг, свинца – от 7.5 до 26.9, мышьяка – с 3.5 до 8.0, кадмия – 0.1–0.2 [Околелова и др., 2012, 2013, 2014а, 2014б]. В 2012 г. в светло-каштановой почве южной части Волгограда нами была выявлена аккумуляция цинка от 34 до 304 мг/кг и концентрация свинца, равная 17–28 мг/кг в зоне деятельности нефтехимического предприятия [Спиридонова и др., 2010, Околелова и др., 2014б].

Результаты анализов представлены в таблицах 1, 2 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 1

Свойства почв агломерации

Table 1

Soil properties of agglomeration

Показатель	Северная пригородная зона			Центральная зона		Пойма	
	АЗС № 1	АЗС № 3	Железная дорога	Заброшенная АЗС	ГЭС	СЗЗ Речпорта	АЗС № 2
$C_{орг}$, %	0.8	2.7	2.8	2.6	2.6	0.6	3.4
a , %	6.0	7.5	5.8	5.8	6.6	6.0	5.1
d , г/см ³	0.9	0.5	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8
V , мг/кг	81.15	62.85	82.28	58.18	84.56	97.91	75.96
Sr , мг/кг	202.49	282.45	182.61	132.15	158.82	218.61	188.01
Co , мг/кг	15.98	8.36	14.16	8.94	17.61	21.92	10.92
Ni , мг/кг	55.79	37.33	52.99	40.42	56.47	65.12	50.48
Cu , мг/кг	55.34	43.32	54.91	33.67	50.88	64.13	56.35
Cr , мг/кг	130.24	183.10	109.67	81.90	119.91	119.18	119.98
As , мг/кг	10.15	13.93	7.43	4.39	8.71	11.21	9.00
Zn , мг/кг	77.06	162.09	93.49	106.76	82.25	73.77	52.30
Pb , мг/кг	50.77	46.18	12.36	9.3	18.77	30.31	20.05

Примечание: почва АЗС № 1 глинистая, остальные почвы – песчаные, погрешность 0.5–3%; a – влажность почвы; d – плотность почвы.

Таблица 2

Средние значения содержания ТМ в изученных почвах, мг/кг

Table 2

The average content of heavy metals in studied soils, mg/kg

ТМ	ПДК	Среднее значение содержания ТМ в светло-каштановых почвах	Среднее значение содержания ТМ в аллювиальных почвах	Среднее значение содержания ТМ по зонам			Среднее значение содержания ТМ в почвах агломерации
				Центр	Север	Пойма	
1	2	3	4	5	6	7	8
V	150	75.02	86.14	2.60	75.43	16.42	78.00
Sr	2	208.93	188.46	6.20	222.52	57.80	192.71
Co	-	13.80	16.82	0.75	12.83	60.24	14.02



Окончание таблицы 2
End of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Ni	20	49.67	57.36	71.37	48.70	119.58	51.49
Cu	33	49.12	57.12	145.49	51.19	10.11	51.59
Cr	90	128.61	119.69	13.28	141.00	63.04	122.52
As	2,0	9.92	9.64	48.45	10.50	25.18	9.15
Zn	55	104.92	69.44	42.28	110.88	16.42	90.47
Pb	32	34.14	23.04	100.91	36.44	57.80	25.60

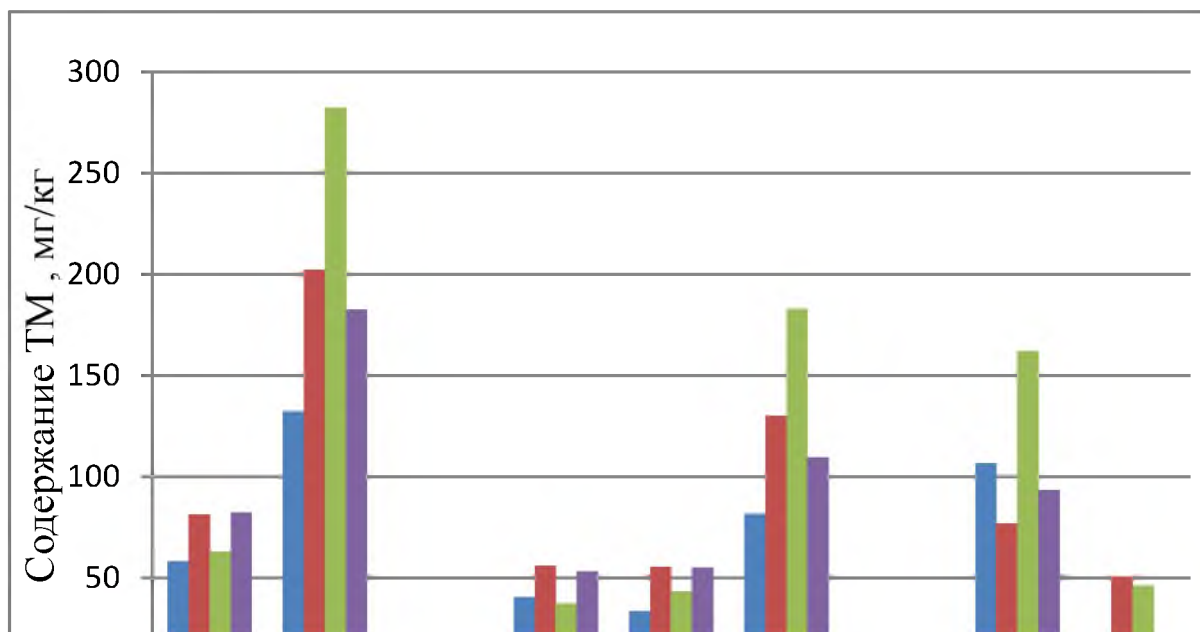


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в светло-каштановых почвах, мг/кг
Fig. 1. The content of heavy metals in light chestnut soils, mg/kg

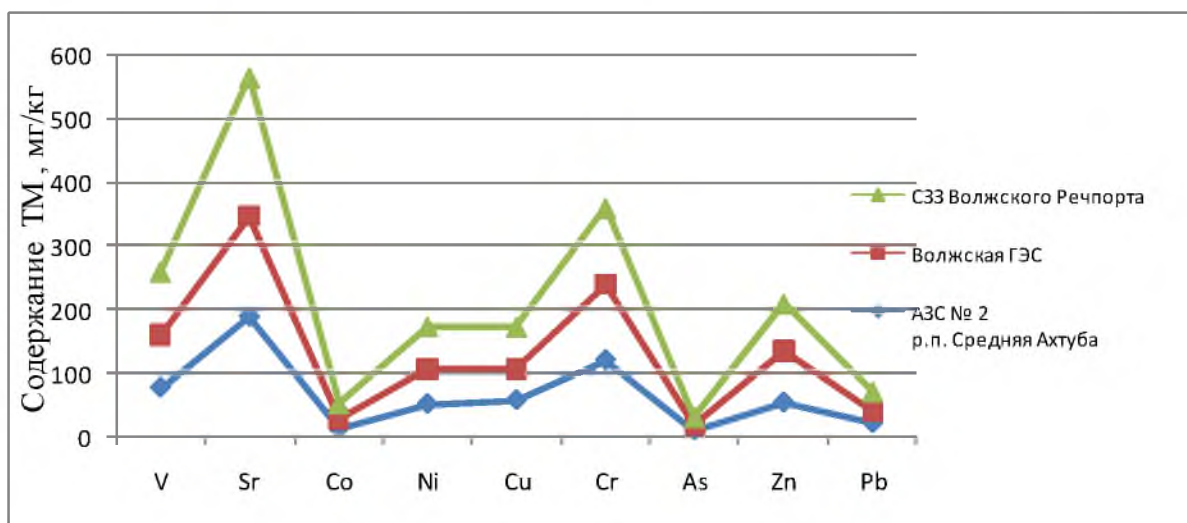


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в аллювиальных почвах, мг/кг
Fig. 2. The content of heavy metals in alluvial soils, mg/kg

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что максимальная концентрация химических элементов в почвах практически вдвое выше минимальной, наименьший интервал



изменения концентрации – у ванадия и никеля – в 1.4 раза, наибольший – у свинца (в 50 раз) и мышьяка – в 3.2 раза. Превышение ПДК выявлено в почвах всех исследуемых объектов для *Ni*, *Zn*, *As*, локально – для *Pb*, *Cr*, *Cu*.

Повышенное накопление *Ni*, *Zn* и *As* было выявлено нами и в предыдущих исследованиях почв агломерации [Околелова и др., 2012, 2013, 2014а, 2014б].

Значительное накопление элементов в светло-каштановых почвах характерно для почв АЗС №3 г. Волжского (*Cr*, *Sr*, *As*, *Zn*), АЗС №1 г. Волжского (*Co*, *Cu*, *Ni*, *Pb*), железной дороги рядом с АЗС №1 г. Волжского (*V*) в связи с тем, что эти объекты находятся в промышленной зоне г. Волжского, где расположены такие заводы, как ОАО «Волжский абразивный завод», ОАО «Волтайр-Пром» (Волжский шинный завод), ОАО «Волжский трубный завод»: Минимальная концентрация большей части элементов обнаружена в почве заброшенной АЗС Тракторозаводского района г. Волгограда: *V*, *Co*, *Cu*, *Cr*, *As*, *Pb*, в почвах АЗС №3 – *Ni*, АЗС №1 г. Волжского – *Zn*.

Обогащение почв органическим углеродом ($C_{орг}$) в почвах заброшенной АЗС, АЗС №3, железной дороги сопоставимо – 2.6–2.8%, в почве СЗЗ Речпорта – 0.6%, АЗС №1 г. Волжского – 0.8%, АЗС №2 – 3.4%. По литературным данным содержание гумуса в 5 разрезах аллювиально-луговых насыщенных почв поймы изменяется в пределах 2.2–5.7% [Кретинин и др., 2006]. Полагаем, что органический углерод в почвах агломерации может быть не только естественно-го, но и антропогенного происхождения [Кокорина и др., 2012]. Влажность почв колеблется от 5.8 до 7.5 %, плотность – от 0.5 до 0.9 г/см³.

В исследуемых аллювиальных почвах были обнаружены следующие закономерности: превышение ПДК выявлено во всех почвах для *Ni*, *Cr*, *As*, локально – для *Cu*, *Zn*; максимальное накопление исследуемых тяжелых металлов обнаружено в почве СЗЗ Речпорта, кроме цинка (его концентрация наибольшая в районе ГЭС); минимальная аккумуляция элементов обнаружена в почве АЗС №2 (*V*, *Ni*, *Co*, *Zn*), ГЭС – *Sr*, *Cu*, *As*, *Pb*; концентрация хрома одинакова во всех аллювиальных почвах. Нами установлено, что в аллювиальных почвах минимальный интервал изменения концентраций у *V* и *As* – в 1.3 раза, максимальный – у *Co* – в 2 раза, у *Pb* и *Zn* – в 1.6 раза. Наибольшая аккумуляция тяжелых металлов характерна для аллювиальных почв СЗЗ Речпорта, кроме *Cr*, его больше в почве АЗС и *Zn* – ГЭС. В почве ГЭС наименьшая среди аллювиальных почв концентрация *Pb*, *As*, *Cu*, *Sr*. Связи между накоплением ТМ и свойствами почв нами не выявлены.

В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше содержание *Sr*, *Cr*, *Zn* и ниже – *V*, *Ni*, *Cu*, *As*, *Co*, *Pb* (см. рис. 1, 2).

Мышьяк при изменении окислительно-восстановительных условий устойчив в связи с его возможностью изменять аллотропную форму [Безуглова, Околелова, 2012]. Ограничения в его миграции могут быть связаны с его сорбцией на поверхности органических и минеральных коллоидов [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. Как показали наши исследования, его повышенные по сравнению с ПДК концентрации не превышают содержание мышьяка в почвообразующей породе, что может свидетельствовать об отсутствии загрязнения почв, а также о необъективности самой величины ПДК [Безуглова, Околелова, 2012; Околелова и др., 2013, 2014а].

Цинк легко адсорбируется не только минеральными, но и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах [Ильин, 2002]. Его источником в почвах может быть истирание деталей автомашин, износ шин, оцинковка кузовных деталей и днища [Пшенин, 2003].

По данным Кабата-Пендиас, концентрация стронция в верхних горизонтах почв составляет 18–35000 мг/кг [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. По В.В. Ковальскому и Г.А. Андерановой допустимое содержание этого микроэлемента в почве находится в пределах 600–1000 мг/кг [Ковальский, Андеранова, 1970].

Диапазон содержания в почве ванадия изменяется от 5 до 600 мг/кг [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989, Колесников и др., 2008]. Количество хрома в почве обычно колеблется от 2 до 50 мг/кг. В песчаных почвах его доля составляет 30 мг/кг, в глинистых – 40 [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Околелова и др., 2012].

В верхнем слое почвы доля кобальта изменяется в широких пределах – от 1 до 40 мг/кг [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Мажайский, 2008]. Валовое накопление меди в черноземах составляет 16–30 мг/кг [Мажайский, 2008]. Никель образует устойчивые аквакомплексы, входит в состав катионных и хелатных соединений [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989], образует карбонаты. Это повышает его устойчивость в почве. Хром в почвах обычно содержится в количестве 2–50 мг/кг [Рэуце, Кырстя, 1986; Шеуджэн, 2003].

По результатам анализа содержания тяжелых металлов, проводимых нами ранее [Спиридонова и др., 2010], был построен аккумулятивный ряд микроэлементов, который показал,



что приоритетные места принадлежат *Zn* и *Pb*, самые низкие концентрации наблюдаются у *Hg*. Селективность ионного обмена можно описать следующей последовательностью: $Zn \geq Pb \geq Hg$

Превышение концентрации цинка по сравнению со свинцом подтверждается и нашими недавно проведенными исследованиями.

В обоих типах почв селективный ряд совпадает и имеет следующий вид:
 среднее по светло-каштановым почвам: $Sr \geq Cr \geq Zn \geq V \geq Cu \geq Ni \geq Pb \geq Co \geq As$;
 среднее по аллювиальным почвам: $Sr \geq Cr \geq V \geq Zn \geq Ni \geq Cu \geq Pb \geq Co \geq As$;
 среднее по агломерации: $Sr \geq Cr \geq Zn \geq V \geq Ni \geq Cu \geq Pb \geq Co \geq As$.

Очевидны изменения в накоплении ванадия и цинка, незначительные изменения – в концентрации меди и никеля. Аккумуляция стронция и хрома стабильно высокая, свинца, кобальта и мышьяка – наименьшая.

Установленную последовательность можно объяснить химическими свойствами элементов. По степени накопления тяжелых металлов в почвах можно также составить селективные ряды по убывающей:

V: СЗЗ Речпорта \geq ГЭС \geq Железная дорога \geq АЗС № 1 \geq АЗС № 2 \geq АЗС № 3 \geq заброшенная АЗС;
Sr: АЗС № 3 \geq СЗЗ Речпорта \geq АЗС № 1 \geq АЗС № 2 \geq Железная дорога \geq ГЭС \geq заброшенная АЗС;
Co и *Ni*: СЗЗ Речпорта \geq ГЭС \geq АЗС № 1 \geq Железная дорога \geq АЗС № 2 \geq заброшенная АЗС \geq АЗС № 3;

Cu: СЗЗ Речпорта \geq АЗС № 2 \geq АЗС № 1 \geq ГЭС \geq Железная дорога \geq АЗС № 3 \geq заброшенная АЗС;
Cr: АЗС № 3 \geq АЗС № 1 \geq АЗС № 2 \geq ГЭС \geq СЗЗ Речпорта \geq Железная дорога \geq заброшенная АЗС;
As: АЗС № 3 \geq СЗЗ Речпорта \geq АЗС № 1 \geq АЗС № 2 \geq Железная дорога \geq ГЭС \geq заброшенная АЗС;
Zn: АЗС № 3 \geq заброшенная АЗС \geq Железная дорога \geq ГЭС \geq АЗС № 1 \geq СЗЗ Речпорта \geq АЗС № 2;
Pb: АЗС № 3 \geq АЗС № 1 \geq СЗЗ Речпорта \geq АЗС № 2 \geq ГЭС \geq Железная дорога \geq заброшенная АЗС.

В почвах северной зоны максимально накопление *V*, *Sr*, *Cu*, *Cr*, *Zn*, поймы – *Co*, *Ni*, *As*, центральной зоны – *Pb*.

Из анализа полученных нами данных, очевидно, что наибольшее накопление основных химических элементов обнаружено в почвах таких объектов, как АЗС № 3, Речпорт, ГЭС, а наименьшее – в почве заброшенной АЗС.

Заключение

1. Во всех исследуемых почвах обнаружено: превышение ПДК *Ni* и *As*, в светло-каштановых – дополнительно *Zn*, а в аллювиальных почвах – *Cr*. Также локально в светло-каштановых почвах выявлено превышение ПДК *Pb*, *Cr*, *Cu*, а в аллювиальных почвах – *Cu*, *Zn*.

2. Для светло-каштановых почв максимальные концентрации элементов характерны на участках АЗС № 3 (*Cr*, *Sr*, *As*, *Zn*); АЗС №1 (*Co*, *Cu*, *Pb*); железной дороги (*V*, *Ni*). Минимальная концентрация элементов выявлена в светло-каштановых почвах заброшенной АЗС Волгограда (*V*, *Co*, *Cu*, *Cr*, *As*, *Pb*); АЗС №3 (*Ni*); АЗС №1 г. Волжский (*Zn*).

3. Для аллювиальных почв наибольшее накопление исследуемых тяжелых металлов обнаружено на участках Речпорта, кроме цинка (его концентрация наибольшая в районе ГЭС). Минимальная аккумуляция элементов в аллювиальных почвах установлена на участках АЗС №2 (*V*, *Ni*, *Co*, *Zn*) и ГЭС (*Sr*, *Cu*, *As*, *Pb*). Концентрация хрома одинакова во всех аллювиальных почвах.

4. В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше содержание *Sr*, *Cr*, *Zn* и ниже – *V*, *Ni*, *Cu*, *As*, *Co*, *Pb*.

5. Накопление ТМ в почвах связано с влиянием промышленных объектов и ветровым режимом (розой ветров).

6. Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, часто не коррелирует со свойствами почв, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов.

Благодарности

Авторы глубоко признательны заведующему кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета, Ростов–на–Дону, профессору Владимиру Стефановичу Крыщенко за помощь.

Список литературы References

1. Безуглова О.С., Околелова А.А. 2012. О нормировании содержания мышьяка в почвах. Живые и биокосные системы, 1: 1–11.



- Bezuglova O.S., Okolelova A.A. 2012. On the regulation of the content of misaka in soils. *Zhivye i biosnye sistemy*, 1: 1–11. (in Russian)
2. Дегтярева Е.Д., Жулидова А.Н. 1970. Почвы Волгоградской области. Волгоград, Нижне-Волжское книжное издательство, 320.
- Degtyareva E. D., Zhulidova A. N. 1970. *Pochvy Volgogradskoj oblasti* [Soils of the Volgograd region]. Volgograd, Nizhne-Volzhskoe knizhnoe izdatel'stvo, 320. (in Russian)
3. Ильин В.Б. 2002. Тяжелые металлы в городских почвах. *Сибирский экологический журнал*, 9 (3): 285–292.
- Il'in V.B. 2002. Heavy metals in urban soils. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology], 9 (3): 285–292. (in Russian)
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях. М., Мир, 439.
- Kabata -Pendias A., Pendias H. 1989. *Mikrojelementy v pochvah i rastenijah* [Trace elements in soils and plants]. Moscow, Mir, 439. (in Russian)
5. Ковальский В.В., Андрианова Г.А. 1970. Микроэлементы в почвах СССР. М., Наука, 179.
- Kovalsky V.V., Andrianova G.A. 1970. *Mikrojelementy v pochvah SSSR* [Trace elements in soils of the USSR]. Moscow, Nauka, 179. (in Russian)
6. Колесников С.И., Пономарева С.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. 2008. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W. Ростов-на-Дону, Эверест, 176.
- Kolesnikov S. I., Ponomareva S. V., Kazeev K. Sh. Valkov V. F. 2008. *Jekologicheskie posledstvija zagrjaznenija pochv tzhzhelymi metallami: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W* [Environmental consequences of soil pollution by heavy metals: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W]. Rostov-on-don, Everest, 176. (in Russian)
7. Кретинин В.М., Брагин В.В., Кулик К.Н., Шипкунов В.М. 2006. Редкие и исчезающие почвы Природных парков Волгоградской области. Волгоград, ВНИАЛМИ, 144.
- Kretinin V.M., Bragin V.V., Kulik, C.N., Shishkanov V.M. 2006. *Redkie i ischezajushhie pochvy Prirodnih parkov Volgogradskoj oblasti* [Rare and endangered soils Natural parks of the Volgograd region]. Volgograd, VNIALMI, 144. (in Russian)
8. Лобачева Г.К., Заикин И.А., Карпова А.В., Макаров О.А., Колодницкая Н.В., Осипов В.М., Филиппова А.И. 2012. Рекультивация техногенно-нарушенных земель и инженерно-мелиоративные подходы к формированию озеленительных территорий для оздоровления окружающей среды. Волгоград, Изд-во ВолГУ, 390.
- Lobacheva G.K., Zaikin I.A., Karpova V.A., Makarov O.A., Kolodnitskaya N.V., Osipov V.M., Filippova A.I. 2012. *Rekul'tivacija tehnogenno-narushennyh zemel' i inzhenerno-meliorativnye podhody k formirovaniyu ozelenitel'nyh territorij dlja ozdorovlenija okruzhajushhej sredy* [Recultivation anthropogenic-disturbed lands and engineering and reclamation approaches to the formation of green areas for environmental improvement]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 390. (in Russian)
9. Мажайский Ю.А. 2008. Нейтрализация загрязненных почв. Рязань, 528.
- Magiske Y.A. 2008. *Nejtralizacija zagrjaznennyh pochv* [Neutralization of contaminated soils]. Ryazan, 528. (in Russian)
10. Околелова А.А., Рахимова Н.А., Желтобрюхов В.Ф. 2012. Оценка накопления тяжелых металлов в почвах Волгограда. Волгоград, ВолГГУ, 80.
- Okolelova A.A., Rakhimova N.A., Zheltobryuhov V.F. 2012. *Ocenka nakoplenija tzhzhelyh metallov v pochvah Volgograda* [Assessment of heavy metals accumulation in soils of Volgograd]. Volgograd, VolGUTU, 80. (in Russian)
11. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Куницына И.А., Кожевникова В.П. 2013. Особенности содержания мышьяка в почвах различных регионов европейской части Российской Федерации. Экология урбанизированных территорий, (4): 87–89.
- Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Kunitsyna I.A., Kozhevnikova V.P. 2013. *Peculiarities of arsenic in soils of different regions of the European part of the Russian Federation. Jekologija urbanizirovannyh territorij*, (4): 87–89. (in Russian)
12. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Рахимова Н.А., Кожевникова В.П. 2014а. Содержание и нормирование тяжелых металлов в почвах Волгограда. Волгоград, ВолГГУ, 144
- Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Egorova G.S., Rakhimova N.A., Kozhevnikova V.P. 2014a. *Soderzhanie i normirovanie tzhzhelyh metallov v pochvah Volgograda* [Content and regulation of heavy metals in soils of Volgograd]. Volgograd, VolGUTU, 144. (in Russian)
13. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. 2014b. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации. Волгоград, ВГАУ, 224.
- Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. 2014b. *Osobennosti pochvennogo pokrova Volgogradskoj aglomeracii* [Features of the soil cover of the Volgograd agglomeration]. Volgograd, VGAU, 224. (in Russian)
14. Пшенин В.Н. 2003. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей. В кн.: Труды Всероссийского научно-практического семинара «Экологизация автомобильного транспорта». СПб., МАНЭБ, 83–88.
- Pchelin V. N. 2003. Current issues assessment of soil contamination near the highways. *In: Trudy Vserossijskogo nauchno-prakticheskogo seminar "Jekologizacija avtomobil'nogo transporta"* [Proceedings of the All-Russian scientific-practical seminar "Greening road transport"]. Saint-Petersburg, MANEB, 83–88. (in Russian)
15. Рэуце К., Кырстя С. 1986. Борьба с загрязнением почв. М., Агрпромиздат, 221.



Reuse K., Cirstea S. 1986. Bor'ba s zagrijazneniem pochv [Pollution of soils]. Moscow, Agropromizdat, 221. (in Russian)

16. Спиридонова И.В., Околелова А.А., Кокорина Н.Г., Иванова А.С. 2010. Динамика изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах Волгограда. Плодородие, (4): 42–44.

Spiridonova I.V., Okolelova A.A., Kokorina N.G., Ivanova A.S. 2010. Dynamics of changes in the content of total forms of heavy metals in the soils of the Volgograd. Plodorodie, (4): 42–44. (in Russian)

17. Шедужен А.Х. 2003. Биогеохимия. Майкоп, ГУРИИП «Адыгея», 1028.

Sheudzhen A.H. 2003. Biogeoхимija [Biogeochemistry]. Майкоп, GURIP "Adygea", 1028. (in Russian)