

РАЗДЕЛ I

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.4

DOI: 10.18384/2310-7189-2017-3-42-50

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

Атанасян Т.К., Коничев В.С., Муравьева С.А.

Московский педагогический государственный университет

119991 г. Москва, ул. Малая Пироговская, 1/1, Российская Федерация

Аннотация. Исследован состав почв из московского региона на содержание подвижных форм тяжёлых металлов (кадмия, свинца, цинка, меди) с использованием инверсионно-вольт-амперометрического метода анализа (ИВА). Анализ почв, взятых на биостанции МПГУ в поселке Павловская слобода Истринского района Московской области и в районе станции Яуза Ярославского направления Московской железной дороги, позволил дать экологическую оценку их состава. Установлено, что по степени загрязнения почв на исследуемые металлы последние образуют ряд: кадмий > свинец > цинк > медь. Можно предположить, что характер загрязнения, главным образом, аэрогенный (т.е. атмосферный), в чем убеждают данные распределения ионов по вертикальному профилю исследуемых почв.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, инверсионная вольт-амперометрия, степень загрязнения почвы.

SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS IN THE MOSCOW REGION

T. Atanasyan, V. Konishev, S. Murav'eva

Moscow State Pedagogical University

ul. Malaya Pirogovskaya 1/1, Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract. We report a study of the composition of the soil in the Moscow region (the soils of the biology plant of the Moscow State Pedagogical University in the village of Pavlovskaya Sloboda of the Istrinsky district of the Moscow Region and the Yauza Station of the Yaroslavl direction of the Moscow Railway). The content of mobile forms of heavy metals (cadmium, lead, zinc, copper) in soils is evaluated using inversion voltammetric analysis (IVA). It is found that according to the degree of soil contamination, the metals under study form a series: cadmium > lead > zinc > copper. It can be assumed that the nature of the pollution is mainly aerogenic,

© Атанасян Т.К., Коничев В.С., Муравьева С.А., 2017.

i.e. atmospheric, which is convincingly proven by the data on the distribution of ions along the vertical profile of the investigated soils.

Key words: heavy metals, soil, inversion voltammetry, pollution degree.

Глобализация производства приводит к неуклонному насыщению тяжёлыми металлами (ТМ) биосферы. Значительное место в общем объёме техногенных нарушений занимают земли, образованные в результате химического загрязнения растительного и почвенного покрова. Исследование состава почвы, загрязненной ТМ, необходимо для адекватной оценки состояния окружающей среды. Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами отмечено практически во всех промышленно развитых районах России. Более 250 тыс. га сельскохозяйственных угодий имеют уровень загрязнения в 10–100 раз выше фоновый [17]. Повышенные концентрации тяжелых металлов вызывают необратимые изменения в живых организмах, что часто приводит к мутациям и отравлениям. Изучение загрязнения почв тяжелыми металлами является приоритетным направлением развития геоэкологии, особенно в зонах крупных агломераций [5].

Почвы по степени загрязнения ТМ делятся на устойчивые, средне- и малоустойчивые (ГОСТ 17.4.3.06-86) [22]. Тяжелые металлы, попавшие в почву, включаются в биогеохимические круговороты: подвергаются сорбции, миграции, трансформации, переходят в грунтовые воды, поглощаются растениями и т.д.

На содержание тяжелых металлов в почвенном комплексе оказывают влияние ряд факторов. В верхних слоях почвы ТМ содержатся в виде оксидов, которые в дальнейшем подвергаются

химическим изменениям [7]. Реакция среды оказывает серьезное влияние на поведение ТМ. В нейтральной и щелочной среде образуются труднорастворимые гидроксиды, сульфиды, фосфаты, карбонаты, растворимость которых повышается с уменьшением рН среды [18]. Кадмий наиболее подвижен в кислой среде и слабо подвижен в нейтральной и щелочной среде, к подвижным в кислой среде относятся также химические соединения Zn, Cu, Pb [15]. В исследованиях, выполненных в условиях длительного стационарного опыта на учебно-опытном поле МГУ, система органических и минеральных удобрений с периодическим известкованием снижала содержание подвижного кадмия в почве в 2 раза, свинца – в 4 раза [13].

Ряды токсичности тяжёлых металлов для живых организмов и растительности выглядят следующим образом [19]:

Для животных и человека

Hg > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > Cr > Sn
> Fe > Mn > Al

для растений

Hg > Pb > Cu > Cd > Cr > Mn > Ni > Zn

В некоторых регионах Московской области произошло значительное загрязнение почвенного покрова тяжёлыми металлами, особенно свинцом и кадмием [9]. Кадмий считается самым опасным из всех исследованных нами тяжелых металлов, и его ПДК на порядок меньше ПДК других металлов [11].

Соотношение фоновых и загрязненных территорий в целом по Московской области составляет: по

марганцу – 62,5% фоновых и 37,5% загрязненных; по хрому соответственно 71,2 и 28,8%; по никелю – 78,7 и 21,3%; по меди – 72,6 и 27,4%; по цинку – 71,2 и 28,2%; по свинцу – 32,8 и 67,2%. Загрязнение почвенного покрова тяжёлыми металлами обусловлено природным литогенным обогащением и антропогенным загрязнением [3].

Содержание ТМ (свинца, цинка, кадмия и меди) определяли в почвах биостанции института биологии и химии МПГУ (пос. Павловская Слобода Московской области) и в районе станции Яуза Ярославского направления Московской железной дороги, вблизи национального парка «Лосиный остров».

Повышенное содержание ТМ вблизи железнодорожной магистрали обусловлено эксплуатацией подвижного состава с нарушением правил перевозки грузов [20]. Наибольшее количество ТМ находится в почвах вблизи станции, где поезд совершает торможение, в результате образования металлической пыли [8].

Экспериментальная часть

Отбор почвенных образцов и их подготовка к анализу проводилась согласно методическим указаниям ГОСТ [16]. Содержание ТМ определяли методами качественного и количественного анализа. Аналитические подходы предполагают деление соединений металлов на прочно- и не прочносвязанные на основе их извлечения из почв различными реагентами [14]. Качественный анализ почвенных вытяжек позволил обнаружить ионы свинца, цинка и кадмия. Качественные реакции на определяемые ионы проводили по известным методикам [21].

Количественно содержание ТМ в почвенных образцах определяли методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА). Достоинства метода заключаются в возможности определения нескольких металлов, содержащихся в растворе, без предварительного разделения, а также осуществить практически неограниченное количество повторных определений при использовании одной и той же пробы, т.к. в процессе анализа не происходит её потеря [2].

В случае анализа почв биостанции были отобраны пробы от 3-х горизонтов А (глубина 10 см), Б (глубина 20 см) и В (глубина 30 см). Вытяжки готовились на дистиллированной воде (рН= 6,5) и 1 н аммонийно-ацетатном буфере (рН=4,8) Для поддержания постоянной ионной силы раствора (2 моль/л) применяли 3М KCl и 3 М NaNO₃. Попытки дублировались не менее 5-ти раз, результаты обрабатывались с помощью методов математической статистики.

Воздушно-сухие образцы почвы имели влажность < 2%. Гигроскопичность почвы определяли по известной методике [6]. Во всех исследованных насыщенных растворах, как известно, произведение концентрации ионов в растворе меньше ПР гидроксидов анализируемых металлов, а металлы находятся в растворе в виде 2-х зарядных катионов [12]. При измерениях методом ИВА использовали фоновые растворы № 1 и № 2. Фоновый раствор №1 – насыщенный раствор KCl, 1 М HCl, 0, 01 М Hg(NO₃)₂. Фоновый раствор №2 для определения ионов свинца – 3 М NaNO₃, 1 М HNO₃, 0,01 М Hg(NO₃)₂.

Основным режимом работы прибора АВС-1.1 (вольтамперометрический анализатор) с вращающимся диско-

вым электродом является переменноточковая квадратно-волновая вольтамперометрия. Рабочий тонкопленочный электрод образуется на стеклоуглеродной подложке в процессе катодного накопления определяемых элементов из исследуемого раствора, в который добавляются ионы ртути. Исследуемый раствор (25 мл) помещают в стакан из стеклоуглерода, который служит одновременно электролитической ячейкой и вспомогательным электродом. В качестве электрода сравнения используют хлорсеребряный электрод (х.с.э.).

Электрохимическое накопление определяемых металлов в амальгаме осуществляется при контролируемом потенциале -1,4В (относительно х.с.э.) в течение 30 с. Одновременно во время электрохимического осаждения определяемых металлов осаждались ионы ртути. Регистрацию анодных вольтамперных кривых проводили в интервале потенциалов от -1,4 В до +0,1 В, при скорости развертки 25 мВ/с и наложении квадратно-волновых импульсов с амплитудой 16 мВ и частотой 75 Гц. На стадии развертки, на экране выводилась вольтамперограмма, высоты пиков которой пропорциональны концентрации определяемых металлов в растворе, а значения потенциалов полуволны являются качественной характеристикой металлов. Значения потенциалов полуволны (Е,В) определены относительно х.с.э. сравнения ЗВЛ-1М, с погрешностью 0,03 В в 0,5 М растворе КСl: Cu (-0,19); Pb (-0,46); Cd (-0,67); Zn (-1,00). Полученные вольтамперограммы содержат четыре отдельных пика, потенциалы которых соответствуют ионам меди, свинца, кадмия и цинка.

Определение проводили при потенциале предельного тока меди, как наи-

более легко восстанавливающейся из четырех исследуемых металлов. Инверсионное вольтамперометрическое определение катионов в почвенных образцах проводили методом добавок. Сначала снимали вольтамперограммы анализируемого почвенного образца, затем в ячейку вносили 1 см³ стандартного раствора с точно известной концентрацией (1 мг/дм³) с таким расчетом, чтобы высота волны возросла примерно вдвое и снимали вольтамперограммы при том же времени накопления (30 с). Расчет концентрации ионов металлов C_x проводился по формуле [4]:

$$C_x = C_{\text{доб}} \frac{H_x}{H_1 - H_x},$$

где: H_x – высота пика в почвенном растворе, H_1 – высота пика в растворе с добавкой, $C_{\text{доб}}$ – концентрация добавки. Последняя рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{доб}} = \frac{C_{\text{ст.р.}} \cdot V_{\text{ст.р.}}}{V_{\text{яч}} + V_{\text{ст.р.}}},$$

где: $V_{\text{яч}}$ – объем ячейки, $V_{\text{ст}}$ – объем стандартного раствора, $C_{\text{ст.р.}}$ – концентрация стандартного раствора.

Среднее содержание ионов кадмия в почве биостанции МПГУ составило $0,204 \pm 0,04$ мг/кг, что вдвое меньше ПДК. Относительная погрешность измерения концентрации ионов кадмия и свинца не превышала 20% при коэффициенте корреляции $R=0,95$ по отношению к среднему арифметическому, согласно руководству по эксплуатации полярографа АВС-1.1. Погрешность прибора составляет 2%. Окончательный результат (табл. 1) округляли до третьего десятичного знака [1].

Таблица 1

**Результаты анализа почвенных проб (мг/кг) на биостанции
«Павловская Слобода»**

<i>Вытяжка</i>	<i>Горизонт</i>	<i>Ионы кадмия</i>	<i>Ионы свинца</i>
Нейтральная вытяжка (рН6,5)	А	0,199 ± 0,040	16,891 ± 3,378
	Б	0,189 ± 0,038	17,451 ± 3,490
	В	0,170 ± 0,033	17,447 ± 3,489
Ацетатно-аммонийный буфер (рН=4.8)	А	0,234 ± 0,047	17,700 ± 3,540
	Б	0,219 ± 0,044	16,494 ± 3,299
	В	0,184 ± 0,037	16,510 ± 3,302

Пробы вблизи станция Юза отбирали от 2-х горизонтов А (0 – 5 см) и Б (5 – 10 см) на расстоянии 30-50 м и 800 м от железной дороги (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анализа почвенных проб (мг/кг) вблизи станции Юза

<i>Расстояние от железной дороги</i>	<i>Горизонт</i>	<i>Ионы кадмия</i>	<i>Ионы цинка</i>	<i>Ионы свинца</i>	<i>Ионы меди</i>
30 - 50 м	А	0,677 ± 0,135	24,300 ± 4,886	26,377 ± 5,275	3,210 ± 0,612
	Б	0,653 ± 0,131	19,682 ± 2,895	25,515 ± 5,411	2,238 ± 0,448
800 м	А	0,624 ± 0,125	12,971 ± 2,594	23,883 ± 4,77	2,436 ± 0,486
	Б	0,607 ± 0,121	9,028 ± 1,806	21,954 ± 4,391	1,21 ± 0,242
ПДК в мг/кг [13]		0,5	100	32	55
Фоновое содержание для почв России, в мг/кг [6]		0,15	53 ± 3,3	30 ± 2,4	25 ± 1,4

Результаты и их обсуждение

Как следует из приведенных выше данных, содержание ТМ понижается с увеличением глубины горизонта. Чем дальше от полотна железной дороги, тем меньше концентрация тяжелых металлов, что еще раз подтверждает вывод о том, что почва является аккумулятором загрязнения в большей

степени, чем воздушная среда. Получили, что содержание ионов кадмия превышает ПДК ~ в 1, 2 раза, а фоновое содержание ~ в 4 раза. Что касается остальных ионов, то их концентрация не превышает ПДК и фоновое содержание в почвах Московской области. По степени загрязнения почв исследуемые катионы образуют ряд: кадмий > сви-

нец > цинк > медь. Можно предположить, что характер загрязнения этими металлами, главным образом, аэрогенный, т.е. атмосферный, что убедительно доказывают данные распределения ионов по профилю исследуемых почв.

Сравнение данных по содержанию ионов кадмия и свинца в почвах биостанции МПГУ и вблизи железнодорожной станции показывает, что концентрация этих металлов в почвах биостанции значительно ниже: кадмия ~ в 3 раза, свинца ~ в 1,5. Особенностью инженерно-транспортных сооружений, к которым относится железная дорога, является затруднение в проведении полного комплекса рекультивационных работ, включающих, как известно, технический и биологический этапы. Здесь в первую очередь необходимо проведение мероприятий, направленных на предотвращение причин загрязнений, которыми являются в первую очередь элементы тормозной системы подвижного состава (состав тормозных колодок и пр.) и характер перевозимых грузов. Превышение ПДК по ТМ наблюдается на значительном удалении от полотна (в связи с направленным стоком воды от насыпи к периферии), необходимым элементом защиты является перехватывающая дренажная сеть, отводящая ливневые стоки. При реконструкции путей эти работы сейчас проводятся повсеместно.

И, наконец, большое внимание должно быть уделено методам фитоме-

лиорации, основанном на способности многих культурных и дикорастущих растений к накоплению различных элементов, в том числе тяжелых металлов [2; 6]. Установлено, что дерево за вегетационный период вдоль автомобильной дороги способно накапливать в себе количество свинца, равное его содержанию в 130 кг бензина (92-95). Для очистки почв от *цинка, свинца и кадмия* необходимо выращивать вдоль полотна горец большой, от свинца и хрома – горчицу, от никеля – гречиху, с последующим обкашиванием и утилизацией вегетативной части растений [10].

Выводы

1. Апробирована методика определения тяжелых металлов из почвенных вытяжек методом инверсионной вольтамперометрии.

2. Выявлено наличие тяжелых металлов в почве биостанции МПГУ (поселок Павловская слобода Московской области) и станции Яуза Ярославского направления железной дороги, а именно Pb^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} .

3. Исследуемые ТМ по степени загрязнения (мг/кг почвы) располагаются в следующий убывающий ряд $Cd^{+2} > Pb^{+2} > Zn^{+2} > Cu^{+2}$.

4. Наибольшее содержание ТМ (Cd^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2}) зарегистрировано в поверхностном горизонте почвы. Показано практическое отсутствие уменьшения концентраций ионов свинца по вертикальным горизонтам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Э.А., Гайдукова Н.Г., Кошеленко Н.А., Ткаченко З.Н. Тяжелые металлы в почвах и растениях и их аналитический контроль. Краснодар: КубГАУ, 2001. 166 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. Волгин А.В., Волгин Д.А. Содержание тяжелых металлов-загрязнителей в антропо-

- генно слабо нарушенных почвах Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 4. С. 32–40.
4. Вольтаперометрический анализатор: полярограф АВС-1.1 (руководство по эксплуатации). СПб.: НТФ «Вольта», 2004. 54 с.
 5. Горбатов В.С. Устойчивость и трансформация оксидов тяжелых металлов (цинка, свинца, кадмия) в почвах // Почвоведение. 1988. № 1. С. 35–43.
 6. [ГОСТ 5180-84] «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» (межгосударственный стандарт). М.: Стандартинформ, 2005. 17 с.
 7. Казанцев И.В. Экологическая оценка влияния железнодорожного транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода. Самара: СГУПС, 2007. 166 с.
 8. Казанцев И. В., Матвеева Т. Б. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза // Самарский научный вестник. 2016. № 1. С. 34–43.
 9. Каплина С.П., Каманина И.З., Судницын И.И. Тяжелые металлы в почвах городов Дубна и Дмитров // Агрехимия. 2012. № 10. С. 60–69.
 10. Копчик Г.Н. Проблемы и перспективы фиторемедиации почв, загрязненными тяжелыми металлами // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1113–1130.
 11. Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (утв. Минсельхозом РФ 10 марта 1992 г.) М.: ЦИНАО, 1992. 63 с.
 12. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. Л.: Химия, 1977. 116 с.
 13. Минеев В.Г. Агрехимия. М.: МГУ, 2004. 698 с.
 14. Минкина Т.М., Метузова Г.В., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Бурачевская М.Ю., Антоненко Е.М. Фракционно-групповой состав соединений марганца, хрома, никеля и кадмия в почвах техногенных ландшафтов (район Новочеркасской ГРЭС) // Почвоведение. 2013. № 4. С. 414–425.
 15. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Фракционный состав соединений свинца в почвах Москвы и Подмосковья // Почвоведение. 2009. № 8. С. 940–951.
 16. Пинский Д.Л. Физико-химические аспекты мониторинга тяжелых металлов в почвах // Региональный экологический мониторинг. М.: Наука. 1983. С.114–120.
 17. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России. М.: Росинформагротех, 2008. 67 с.
 18. Разяпов А.З. Методы контроля и системы мониторинга и загрязнений окружающей среды. М.: МИСиС, 2011. 219 с.
 19. Разяпов А.З., Жданович О.А., Красильщик В.З., Воронич С.С., Степченко В.Н. Аналитические методы в технологических им экологических исследованиях // Российский химический журнал (журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2014. Т. LVIII (№ 1). С. 79–92.
 20. Сорокин Н.Д., Королева Е.Б., Лосева Е.В., Осинцева Н.В. Пособие по вопросам изучения загрязненных земель и их санации. СПб.: ООО «Ай-Пи», 2012. 119 с.
 21. Харитонов Ю.Я., Григорьева В.Ю. Аналитическая химия (Практикум): учебное пособие. М.: Высшая школа, 2009. 296 с.
 22. Цветкова Н.Н. Микроэлементы в жизни степного леса // Вопросы степного лесоведения, биогеоценологии и охраны природы: труды Комплексной экспедиции [Вып. 8]. Днепропетровск: ДГУ, 1977. С. 50–54.

REFERENCES

1. Heavy metals in soils and plants and their analytical control. Aleksandrova E.A., Gaidukova N.G., Koshelenko N.A., Tkachenko Z.N. Krasnodar, KubGAU Publ., 2001. 166 p.
2. Alekseev Yu.V. Heavy metals in soils and plants. L., Agropromizdat Publ., 1987. 142 p.
3. Volgin A.V., Volgin D.A. The content of heavy metal pollution in anthropogenically disturbed soils of the Moscow region. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta*. Seriya: Estestvennyye nauki, 2013, no. 4, pp. 32–40.
4. Voltammeteric analyzer: ABS 1.1 polarograph (manual). SPb., NTF 'Vol'ta' Publ., 2004. 54 p.
5. Gorbатов V.S. The stability and transformation of heavy metal oxides (zinc, lead, cadmium) in soil. *Pochvovedenie*, 1988, no. 1, pp. 35–43.
6. [GOST 5180-84] 'Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics' (Interstate Standard). Moscow, Standartinform Publ., 2005. 17 p.
7. Kazantsev I.V. Environmental assessment of the impact of rail transport on the content of heavy metals in soils and plants of the roadside. Samara, SGUPS Publ., 2007. 166 p.
8. Kazantsev I.V., Matveeva T.B. The content of heavy metals in soil in the conditions of technogenesis. *Samarskii nauchnyi vestnik*, 2016, no. 1, pp. 34–43.
9. Kaplina S.P., Kamanina I.Z., Sudnitsyn I.I. Heavy metals in the soils of the cities of Dubna and Dmitrov. *Agrokhiimiya*, 2012, no. 10, pp. 60–69.
10. Koptsik G.N. Problems and prospects of phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Pochvovedenie*, 2014, no. 9, pp. 1113–1130.
11. Methodical instructions on determination of heavy metals in farmland soils and crop products (approved. Kuznetsov A.V., Fesyun A.P., Samokhvalov S.G., Makhon'ko E.P. The Ministry of agriculture of the Russian Federation on March 10, 1992), TSINAO Publ., 1992. 63 p.
12. Lur'e Yu.Yu. Handbook of analytical chemistry. L., Khimiya Publ., 1977. 116 p.
13. Mineev V.G. Chemistry. Moscow, MGU Publ., 2004. 698 p.
14. Minkina T.M., Metuzova G.V., Mandzhieva S.S., Nazarenko O.G., Burachevskaya M.Yu., Antonenko E.M. Fractional-group composition of compounds of manganese, chromium, nickel and cadmium in the soils of technogenic landscapes (area of Novocherkasskaya power station). *Pochvovedenie*, 2013, no. 4, pp. 414–425.
15. Nikiforova E.M., Kosheleva N.E. Fractional composition of lead compounds in soils of Moscow and Moscow region. *Pochvovedenie*, 2009, no. 8, pp. 940–951.
16. Pinskiy D.L. Physico-chemical aspects of heavy metal monitoring in soils. *Regional environmental monitoring*. Moscow, Nauka Publ., 1983, pp. 114–120.
17. Degradation and restoring the productivity of agricultural lands in Russia. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2008. 67 p.
18. Razyapov A.Z. Methods of control and monitoring system and environmental pollution. Moscow, MISiS Publ., 2011. 219 p.
19. Razyapov A.Z., Zhdanovich O.A., Krasil'shchik V.Z., Voronich S.S., Stepchenko V.N. Analytical methods in environmental technological research. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal* (zhurnal Rossiiskogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva). 2014. Tom LVIII [Russian chemical journal (journal of the D. I. Mendeleev Russian chemical society), 2014, vol. LVIII], no. 1, pp. 79–92.
20. A Handbook for the study of contaminated lands and their rehabilitation. Sorokin N.D., Koroleva E.B., Loseva E.V., Osintseva N.V. SPb., OOO «Ai-Pi» Publ., 2012. 119 p.
21. Kharitonov Yu.Ya., Grigor'eva V.Yu. Analytical chemistry (Practical): study guide. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2009. 296 p.
22. Tsvetkova N.N. Mikroelementy v zhizni stepnogo lesa [Trace elements in life of the steppe forests] Voprosy stepnogo lesovedeniya i okhrany prirody: trudy Kompleksnoi ekspedit-

sii [Вып. 8] [Issues steppe forest science and environmental protection: proceedings of the Comprehensive expedition [Vol. 8]]. Dnepropetrovsk, DGU Publ., 1977, pp. 50–54.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Атанасян Татьяна Климентьевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей химии Института биологии и химии Московского педагогического государственного университета;

e-mail: tatanassian@mail.ru

Коничев Владимир Сергеевич – доцент кафедры ботаники Института биологии и химии Московского педагогического государственного университета;

e-mail: Kafedra.selskogo@yandex.ru

Муравьева София Ароновна – кандидат технических наук, доцент кафедры общей химии Института биологии и химии Московского педагогического государственного университета;

e-mail: Sofia-2m@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatyana K. Atanasyan – PhD in Chemical Sciences, associate professor of the Department of General Chemistry of the Institute of Biology and Chemistry at the Moscow State Pedagogical University;

e-mail: tatanassian@mail.ru

Vladimir S. Konichev – associate professor of the Department Botany of the Institute of Biology and Chemistry at the Moscow State Pedagogical University;

e-mail: Kafedra.selskogo@yandex.ru

Sofia A. Murav'eva – PhD in Technical Sciences, associate professor of the Department of General Chemistry of the Institute of Biology and Chemistry at the Moscow State Pedagogical University;

e-mail: Sofia-2m@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Атанасян Т.К., Коничев В.С., Муравьева С.А. Загрязнение тяжелыми металлами почв Московского региона // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 3. С. 42–50.

DOI: 10.18384/2310-7189-2017-3-42-50

THE CORRECT REFERENCE TO ARTICLE

T. Atanasyan, V. Konishev, S. Murav'eva. Soil Pollution with Heavy Metals in the Moscow Region. In: *Bulletin of Moscow Region State University*. Series: Natural Sciences, 2017, no. 3, pp. 42–50.

DOI: 10.18384/2310-7189-2017-3-42-50
