

Влияние военных действий на содержание некоторых металлов в почве Саур-Могилы, Донбасс

© 2018. А. С. Алемасова¹, д. х. н., профессор, зав. кафедрой,
Ю. И. Пенькова¹, бакалавр, А. С. Пивоварова¹, магистр,
Р. В. Остапенко², начальник отдела,
¹Донецкий национальный университет,
83001, Украина, г. Донецк, ул. Университетская, 24,
²Донецкий Ботанический сад,
83059, Украина, г. Донецк, пр. Ильича, 110,
e-mail: alemasovaa@gmail.com, okenit2010@mail.ru,
pivovarova.a.s.221194@gmail.com, orv1@list.ru

С использованием стандартных методов проведена оценка сравнительного содержания валовых и подвижных форм 11 токсичных металлов (Cd, Pb, Sr, Mo, Zn, Cu, Ni, Co, Ga, Mn, Tl) в почвах воронок от артиллерийских обстрелов на кургане Саур-Могила (Донбасс, Украина) и почве городского газона г. Донецка. Установлено, что концентрация практически всех исследованных металлов не превышает ПДК либо фонового уровня, за исключением кадмия (превышение ПДК в 1,5–2 раза в двух пробах) и кобальта (на уровне ПДК в одной пробе). Уровень валовых и подвижных форм Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd в почвах воронок в 2–7 раз ниже, чем в техногенно загрязнённом городском газоне. Суммарный показатель загрязнения Z_c значительно ниже категории «допустимая». Показатель степени подвижности исследованных металлов S_n свидетельствует об их незначительной подвижности, за исключением кислоторастворимых форм свинца. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего систематического мониторинга почв мест боевых действий в Донбассе, а также опровергают гипотезу о влиянии содержания токсичных металлов в почве на наблюдаемое изменение состава и структуры растительного покрова ландшафтного парка «Донецкий край».

Ключевые слова: токсичные металлы, валовое содержание, подвижные формы, почвы, воронки от артиллерийских обстрелов, почва городского газона.

Military activity influence on some metals content in the Saur-Mogila soil, Donbas

© 2018. A. S. Alemasova¹ ORCID: 0000-0001-8177-0944,
Y. I. Penkova¹ ORCID: 0000-0001-9316-2911,
A. S. Pivovarova¹ ORCID: 0000-0001-9639-5999,
R. V. Ostapenko² ORCID: 0000-0003-4787-0399,
¹Donetsk National University,
24 Universitetskaya St., Donetsk, Ukraine, 83001,
²Donetsk Botanic Garden,
110 Prospect Ilyicha, Donetsk, Ukraine, 83059,
e-mail: alemasovaa@gmail.com, okenit2010@mail.ru,
pivovarova.a.s.221194@gmail.com, orv1@list.ru

Soil samples were collected from funnels after artillery shelling (summer 2014) on burial mound Saur-Mogila (Donbas, Ukraine) as well as from urban garden soil near motorway in the Donetsk central district in order to determine the concentration of 11 toxic metals total content, acid-soluble forms and mobile forms. The concentrations of toxic metals Cd, Pb, Sr, Mo, Zn, Cu, Ni, Co, Ga, Mn, Tl were compared with maximum permitted concentration and background level. The results quality was controlled by standard addition method. The mean concentrations of Cd (2 samples) and Co (one sample) exceeded the guidelines while the other metals did not exceed. The level of Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd total and mobile forms in funnels soils was 2–7 times lower than in polluted urban garden soil. The sources of toxic metals in Donetsk garden soil may be from traffic and industrial emission. The total pollution index (Z_c) is much lower than the “permissible” category. The index of metals mobility (S_n) indicates their insignificant mobility with the exception of lead acid-soluble forms. The obtained results testify to the need for further systematic monitoring of the soils of battlefield in Donbas. These results refuted the hypothesis as for soil toxic metals content influence on observable state of vegetation in “Donetskiy Kryazh” landscape park near Saur-Mogila burial mound.

Keywords: toxic metals, total content, mobile forms, soils, funnels from artillery shelling, urban lawn soil.

Глобальное и локальное загрязнение почв токсичными металлами по-прежнему остаётся актуальной задачей химического мониторинга вследствие высокой токсичности соединений металлов, способности к аккумуляции и включению в трофические цепи, устойчивости [1–7]. Как правило, в почве оценивают уровень загрязнения соединениями Cd, Pb, Zn, Ni, Cr, Cu, As, Mn, Al, V, Fe и др. в результате техногенной деятельности человека. Ещё больший крупномасштабный и долговременный ущерб плодородным землям наносят интенсивные военные действия, которые ведутся в настоящее время в Донбассе. Известны данные Международной Благотворительной Организации «Экология-Право-Человек» об экологических последствиях интенсивных артиллерийских обстрелов в районе заповедных территорий Донецкой и Луганской областей для атмосферы, гидросферы (Северский Донец), литосферы, биоты [8, 9].

Так, в результате первичных наблюдений на территории республиканского ландшафтного парка «Донецкий кряж» (около 80 км от города Донецка), где летом 2014 г. проходили особенно интенсивные боевые действия, отмечено усиление мозаичности растительности природной флоры Донецкой лесостепи, из-

менение соотношения элементов структуры в пользу сорно-рудеральных растений местной флоры и увеличение численности популяций инвазивных видов в местах проведения боевых действий.

Целью данной работы являлось определение валового содержания, а также содержания кислоторастворимых и подвижных форм некоторых токсичных металлов (Cd, Pb, Sr, Mo, Zn, Cu, Ni, Co, Ga, Mn, Tl) в почвах кургана Саур-Могила на территории заповедника и на основании этих данных выявление зависимости состава и структуры растительного покрова от уровня загрязнения, характера повреждения растительности и процесса зарастания воронок, окопов, блиндажей и других сооружений в районе Саур-Могила.

Из исследованных металлов Cd, Pb, Zn, Tl относятся к 1 классу опасности, Co, Ni, Mo, Cu – к 2-му классу и Mn, Sr, Ga – к 3-му классу.

Объекты и методы

Пробы почвы в районе кургана Саур-Могила отбирались в июне–июле 2017 г. в соответствии с рекомендациями [10] из оставшихся в результате разрывов снарядов воронок со следующими координатами (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Координаты точек отбора образцов почв / Soils sampling coordinates

№ пробы / Sample No	Координаты места отбора проб / Coordinates of sampling territories
Воронка № 691 / Crater № 691	47°55'44,8"C/N, 38°43'47,7"В/E
Воронка № 692 / Crater № 692	47°55'46,5"C/N, 38°43'48,6"В/E
Воронка № 693 / Crater № 693	47°55'46,6"C/N, 38°43'48,6"В/E

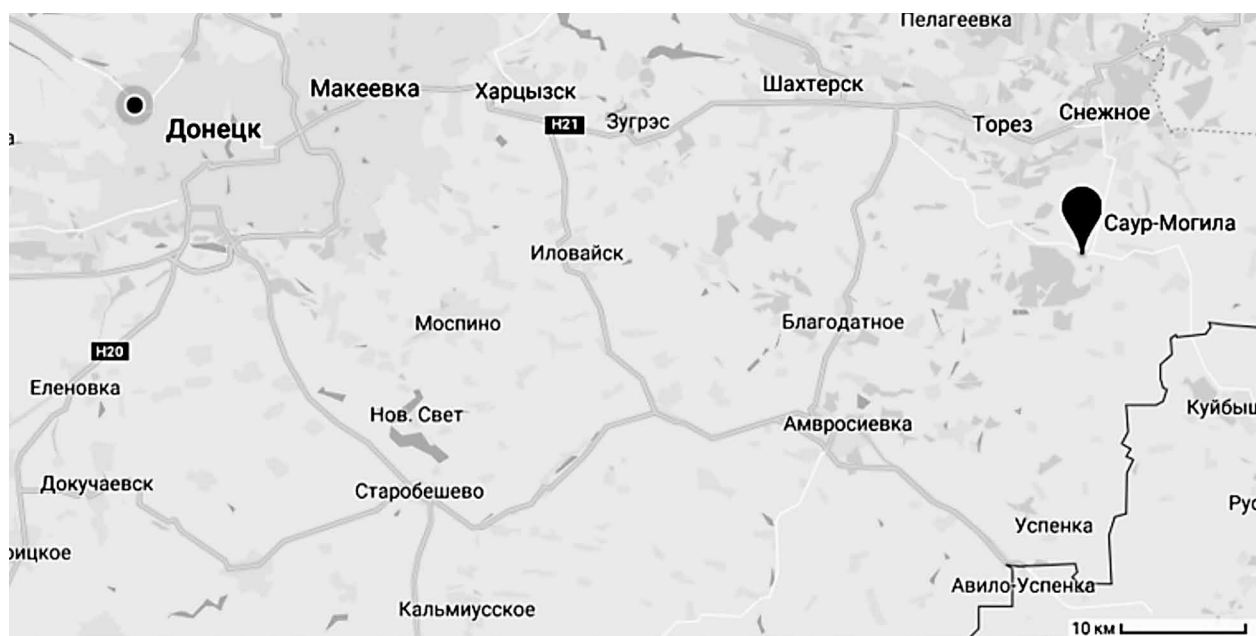


Рис. Карта-схема расположения Саур-Могила / Fig. Geographic position of Saur-Mogila

В качестве образца техногенно загрязнённой почвы был дополнительно отобран образец почвы городского газона в центральном районе города Донецка). При подготовке к анализу пробы ссыпались на полиэтиленовую пленку, тщательно перемешивались, квартовались 3–4 раза. Пробу высушивали до воздушно-сухого состояния, просеивали через сито с размером ячеек 0,4 мм, истирали в фарфоровой ступке. Масса пробы составляла около 1 кг.

Радиационную безопасность проб контролировали с использованием дозиметра «ТЕРРА-II». Использовали унифицированные методы химического извлечения металлов из почв [11]. Валовое содержание аналитов определяли после экстракции смесью концентрированной азотной кислоты и 30%-ного пероксида водорода (1:1). Кислоторастворимые формы извлекали 1 М раствором азотной кислоты. В условиях техногенного загрязнения азотная кислота растворяет оксиды и сульфиды тяжёлых металлов, являющиеся основными компонентами выбросов металлургических предприятий, находящихся в черте города. По этой причине 1 М раствор HNO_3 применяют для диагностики степени загрязнения почв тяжёлыми металлами [11].

Подвижные формы металлов экстрагировали ацетатно-аммонийным буферным раствором с $\text{pH} = 4,8$. В этом случае в раствор переходят металлы, удерживаемые почвенными компонентами с помощью ковалентных или координационных связей на поверхностях оксидов, карбонатов, фосфатов.

Содержание токсичных металлов в соответствующих вытяжках почв определяли атомно-абсорбционным и пламенно-фотометрическими методами [12, 13]. Аналитические измерения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре Сатурн-3 с использованием пламени ацетилен-воздух и графитового атомизатора серии «Графит» (ОКБА, Северодонецк, Украина). Стронций определяли в режиме «эмиссия».

Правильность результатов контролировали стандартным методом «введено-найдено». При определении валового содержания галлия и таллия в почвах для устранения помех использовали химический модификатор – коллоидный палладий, восстановленный и стабилизированный глицерином [14], а при пламенно-фотометрическом определении стронция использовали спектрохимический буфер серноокислый 8-оксихинолин.

Статистическую обработку результатов измерений проводили с доверительной веро-

ятельностью $P = 0,95$ [15]. Воспроизводимость результатов характеризовали с помощью доверительного интервала:

$$\bar{x} \pm \frac{t_{P,f} S}{\sqrt{n}},$$

где S – стандартное отклонение, \bar{x} – среднее для n результатов, t – коэффициент Стьюдента.

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) рассчитывали по [11]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{c_i} - (n-1), K_{c_i} = \frac{C}{C_{\text{фон}}},$$

где K_{c_i} – коэффициент концентрирования химического элемента в почве; n – число учитываемых элементов; C – содержание элемента в пробе, мг/кг; $C_{\text{фон}}$ – фоновая концентрация элемента, мг/кг.

Степень подвижности исследуемых металлов S_n (в %) оценивали по [16]:

$$S_n = \frac{C(M)_{\text{подв}}}{C(M)_{\text{валов}}} \cdot 100\%,$$

где $C(M)_{\text{подв}}$, $C(M)_{\text{валов}}$ – среднее содержание исследуемых металлов в подвижной и валовой формах соответственно, мг/кг.

Результаты и их обсуждение

Современные военные действия являются причиной гибели людей и созданных ими материальных ценностей, наносят ущерб природной среде, в частности, разрушают почвенно-растительный покров. Снаряды выворачивают тысячи кубометров грунта, в почву попадают осколки снарядов, химические продукты взрывов. Сообщается о значительном загрязнении почв в населённых пунктах Пески, Минеральное, Кременец, Весёлое, в Донецком аэропорту соединениями Cu, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr, Sn, Ga, Ni, Ti, Zr, Co, Sr, Zn [9].

Образцы почвы кургана Саур-Могила стали доступны сравнительно недавно. Прежде всего, следует отметить, что измеренное значение мощности эквивалентной дозы для всех проб не превышало регионального фонового значения (12–15 мкР/час).

Обобщённые результаты исследования содержания валовых, кислоторастворимых и подвижных форм некоторых токсичных металлов в почвах из артиллерийских воронок в районе кургана Саур-Могила представлены в таблицах 2–4.

Полученные содержания валовых форм сравнивали с предельно допустимыми концен-

Таблица 2 / Table 2

Валовое содержание (по [11]) некоторых металлов в почве Саур-Могилы, мг/кг
Some metals total content (according to [11]) in the Saur-Mogila soil, mg/kg (n = 3; P = 0,95)

	Cu	Zn	Mn	Pb	Co	Ni	Cd	Mo	Sr	Ca	Tl
Воронка № 691 / Crater No. 691	6,7±0,6	12±1	181±14	6,6±1,2	11±2	9,7±0,6	0,5±0,1	0,40±0,07	355±15	9,0±1,8	0,056±0,014
Воронка № 692 / Crater No. 692	14±1	14±1	158±12	3,9±1,0	9±1	10±1	0,3±0,1	0,38±0,07	315±16	8,1±1,6	0,081±0,022
Воронка № 693 / Crater No. 693	11±1	13±1	177±14	8,8±1,2	13±1	10±1	1,0±0,2	0,34±0,06	345±15	5,3±1,2	0,076±0,019
Городской газон / Urban garden soil	23±2	81±5	521±14	11±2	17±2	20±1	1,4±0,2	0,46±0,08	655±34	5,7±1,3	0,066±0,016
ПДК* или фоновое значение* / Maximum permitted concentration* or background level*	55	100	1500	30	16	85	0,01–0,7	2	300	15	0,43–1
Зональная почва** / Regional soil**	170	58	1200	–	24	42	–	–	130	–	–

Примечание / Note: * – [11, 17, 18]; ** – [19].

Таблица 3 / Table 3

Содержание кислоторастворимых форм некоторых металлов в почве Саур-Могилы, мг/кг
Some metals acid-soluble forms content in the Saur-Mogila soil, mg/kg (n = 3; P = 0,95)

	Cu	Zn	Mn	Pb	Co	Ni	Cd	Mo	Sr	Ga
Воронка № 691 / Crater No. 691	2,6±0,4	1,8±0,2	48±2	4,4±0,5	1,5±0,2	4,0±0,3	0,13±0,05	< 0,05	73±12	1,4±0,3
Воронка № 692 / Crater No. 692	5,9±0,5	2,9±0,4	39±2	2,8±0,2	1,5±0,2	2,4±0,1	0,05±0,01	0,09±0,01	64±10	1,0±0,2
Воронка № 693 / Crater No. 693	3,1±0,3	1,8±0,2	48±2	6,3±0,6	1,5±0,2	4,9±0,3	0,09±0,02	< 0,05	89±13	1,2±0,3
Городской газон / Urban garden soil	9,5±0,4	36±2	202±8	7±0,6	4,6±0,7	6,3±0,6	0,13±0,02	0,05±0,01	244±19	–

Таблица 4 / Table 4

Содержание подвижных форм некоторых металлов в почве Саур-Могилы, мг/кг
Some metals mobile forms content in the Saur-Mogila soil, mg/kg (n = 3; P = 0,95)

	Cu	Zn	Mn	Pb	Co	Ni	Cd	Mo	Sr	Ga
Воронка № 691 / Crater No. 691	0,40±0,08	0,50±0,05	24±2	0,60±0,06		0,70±0,06	0,030±0,06		15±1	
Воронка № 692 / Crater No. 692	0,40±0,07	1,3±0,1	18±1	0,60±0,09	< 1,5	0,60±0,07	0,030±0,07	< 0,05	12±1	< 0,1
Воронка № 693 / Crater No. 693	0,40±0,07	0,20±0,01	11±1	0,40±0,07		0,40±0,05	0,010±0,003		17±2	
Городской газон / Urban garden soil	0,40±0,08	4,7±0,6	14±1	1,2±0,2	1,5±0,3	0,70±0,08	0,040±0,005		50±4	
ПДК* / Maximum permitted concentration*	3	23	140	6	5	4	1	0,001–4,8**	–	–

Примечание / Note: * – [11]; ** – Среднее содержание подвижных форм в почве [17, 18, 22] / Mobile forms average level in soil [17, 18, 22].

трациями (ПДК), с фоновыми содержаниями (кларками) [11, 17, 18], а также с химическим составом зональной почвы естественного сложения [19].

Из данных таблицы 2 видно, что валовое содержание практически всех исследованных металлов в почвах, извлекаемых экстрагентом концентрированной азотной кислотой в смеси с пероксидом водорода, не превышает предельно допустимую норму или фоновый уровень концентраций.

При такой экстракции в раствор, вероятно, переходят металлы, связанные с органическим веществом почвы [17].

Отмечено превышение фонового уровня кадмия в 1,5–2 раза в двух пробах (почва из воронок и городской газон) и на уровне ПДК находится содержание кобальта в одной пробе (почва городского газона).

Валовое содержание практически всех металлов в почве Саур-Могилы ниже, чем в зональной почве естественного сложения, за исключением стронция. Это обусловлено, во-первых, тем, что более 95% почв Донецкой области относится к техногенно изменённым. Почвы, свободные от антропогенных загрязнений, сохранились лишь в заповедниках и других охраняемых территориях, удалённых от промышленных центров. Во-вторых, отмеченный факт может быть связан с неполнотой переведения определяемых элементов в вытяжку по методике [11].

Содержание Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd в техногенно загрязнённой почве городского газона вдоль оживлённой автомобильной магистрали выше, чем в почвах, отобранных из артиллерийских воронок. Так, концентрация стронция, никеля, марганца, меди выше – в 2–3 раза, кадмия – в 3–4 раза по сравнению с почвой Саур-Могилы. Наибольшее превышение отмечено для цинка (в 7 раз), что, по-видимому, объясняется лёгкостью его взаимодействия с почвенными компонентами, способностью аккумулироваться в почве вследствие сорбционных и микробиологических процессов [21]. Основными источниками эмиссии токсичных металлов в этом случае, по-видимому, являются промышленные предприятия, расположенные в черте города, шахтные терриконы и автомобильный транспорт.

В целом полученные данные не подтверждают сделанные ранее выводы о высоких концентрациях токсичных металлов в почвах на местах интенсивных военных действий.

Различия в содержаниях токсичных металлов в почве городского газона и воронок

после обстрелов может быть связано не только с техногенным загрязнением придорожной почвы, но также и с различным типом почв в местах отбора проб.

На основании данных таблицы 2 для предварительной оценки качества исследуемых почв для каждой из них был рассчитан суммарный показатель загрязнения Z_c . Величина Z_c значительно ниже допустимой категории почвы по степени загрязнения (менее 16,0) по ориентировочной оценочной шкале опасности; такие почвы можно использовать под любые культуры и их химический состав не должен влиять на состояние растительного покрова.

При определении кислоторастворимых форм металлов в качестве экстрагента использовали раствор 1 М азотной кислоты (табл. 3). Этот раствор оказывает воздействие на все почвенные компоненты, способные взаимодействовать с токсичными металлами. Способность токсичных металлов переходить в азотнокислую вытяжку определяется, прежде всего, их распределением между почвенными компонентами, то есть разные элементы попадают в неё из состава разных соединений.

Экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН 4,8 принят агрохимической службой для извлечения доступных растениям микроэлементов и служит для оценки обеспеченности почв этими элементами. Содержание подвижных форм исследуемых металлов, а также фоновое и допустимое их содержание представлено в таблице 4. Видно, что содержание этих форм в основном пропорционально ниже, чем кислоторастворимых форм металлов. Ни для одного из исследованных металлов найденное содержание не превышает нормативные показатели. Для ряда элементов – Co, Mo, Ga – содержание подвижных форм ниже предела обнаружения прямого электротермического атомно-абсорбционного метода. Обращает на себя внимание низкое содержание молибдена, одного из важных микроэлементов, обеспечивающих плодородие почв.

Более чёткое представление о миграции исследуемых металлов и их соединений даёт степень их подвижности S_n . Полученные данные обобщены в таблице 5.

Данные таблицы 5 свидетельствуют, что степень подвижности металлов в исследуемых почвах незначительна; металлы, по-видимому, находятся в почве в основном в адсорбированной форме или в остаточной фракции, которая содержит ионы тяжёлых металлов, прочно закреплённые решётками минералов почвы. Обращает на себя внимание высокая

Таблица 5 / Table 5

Степень подвижности токсичных металлов в почве Саур-Могила $S_n, \%$
 Toxic metals mobility degree in Saur-Mogila soil $S_n, \%$

Формы металлов / Metal forms	Cu	Zn	Mn	Pb	Co	Ni	Cd	Mo	Sr	Ga
Кислоторастворимые / Acid-soluble	36	16	26	70	17	38	17	24	22	15
Подвижные / Mobile	4	5	10	10	–	6	6	–	4	–

степень подвижности свинца – 70%, что может приводить к загрязнению сопредельных сред соединениями свинца, а также к увеличению ареала загрязнения почвенного профиля.

Заключение

В результате проведенных исследований валового содержания 11 токсичных металлов, их кислоторастворимых и подвижных форм в почвах на местах образования артиллерийских воронок кургана Саур-Могила республиканского ландшафтного парка «Донецкий кряж» рассчитан суммарный показатель загрязнения (Z_c) и степень подвижности металлов S_n , на основании чего опровергнуто предположение о влиянии токсичных металлов на изменение растительного покрова заповедной Донецкой лесостепи. Установлено превышение ПДК или фонового уровня только для валовых форм кадмия и кобальта. Содержание кислоторастворимых и подвижных форм Pb, Sr, Mo, Zn, Cu, Ni, Ga, Mn, Tl находится в пределах их фонового содержания. Степень подвижности токсичных металлов составляет 5–40%, за исключением кислоторастворимых форм свинца (70%). Полученные данные можно расценивать как предварительные в связи с недостаточной статистической выборкой и невозможностью полноценного систематического мониторинга почв в местах интенсивных боевых действий. Кроме того, количество подвижных форм металлов динамично во времени и в пространстве, что обусловлено наличием почвенных микроорганизмов, спецификой гранулометрического и минералогического состава, уровнем гумусированности, реакцией среды и т. д.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН Донецкой Народной Республики в рамках госбюджетной темы №17-1вв/13 ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Литература

1. Mugoša B., Durovic D., Nedović-Vuković V., Barjaktarović S., Vrvic M. Assessment of ecological risk

of heavy metal contamination in coastal municipalities of Montenegro // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2016. V. 13. P. 393–407.

2. Mamut A., Eziz M., Mohammad A., Anayit M., Rixit A. Contamination and risk assessment of heavy metals in farmland soils of Baghrash Country, Hincjiang, Northwest China // Sciences in cold and arid Regions. 2017. V. 9. No. 5. P. 467–475.

3. Koz B., Cevik U., Akbulut S. Heavy metal analysis around Murgul (Artvin) copper mining area of Turkey using moss and soil // Ecological Indicators. 2012. V. 20. P. 17–25.

4. Salah E.A.M., Yassin K.H., Abad-Alsalaam S. Level, distribution and pollution assessment of heavy metals in urban community garden soils in Baghdad City, Iraq // Int. J. of scientific and engineering research. 2015. V. 6. No. 10. P. 1646–1652.

5. Ogunkunle C.O., Fatoba P.O. Pollution load and the ecological risk assessment of soil heavy metals around a Mega cement factory in Southwest Nigeria // Pol. J. Environ. Stud. 2013. V. 22. No. 2. P. 487–493.

6. Wang G., Liu H.-Q., Gong Y., Wei Y., Miao A.-J., Yang L.-Y., Zhong H. Risk assessment of metals in urban soils from a typical industrial city, Suzhou, Eastern China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2017. V. 14. P. 1025–1042.

7. Sun Z., Chen J. Risk assessment of potentially toxic elements (PTEs) pollution at a rural industrial wasteland in an abandoned metallurgy factory in North China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018. V. 15. P. 85–101.

8. Концентрации тяжёлых металлов после военных действий чрезвычайно токсичные для жизни [Электронный ресурс] <http://ecosoft.in.ua/> (Дата обращения: 10.04.2018).

9. Мацола Д., Войцеховская А. Артиллерийские обстрелы отравляют землю – исследование экологов [Электронный ресурс] <http://informator.media/> (Дата обращения: 10.04.2018).

10. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартиформ, 2008. 6 с.

11. Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: Издательство ЦИНАО. 1992. 61 с.

12. Фомин Г.С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М.: Издательство «Протектор», 2001. 304 с.

13. Полуэктов Н.С. Методы анализа по фотометрии пламени. М.: Химия. 1967. 307 с.
14. Алемасова А.С., Дмитрук Н.П., Пивоварова А.С. Коллоидный палладий в качестве модификатора матрицы при электротермическом атомно-абсорбционном определении индия, галлия, таллия // *Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы конференции*. Т. 2. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 30–31.
15. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. 268 с.
16. Байкенова Ю.Г. Оценка степени опасности загрязнения почв тяжёлыми металлами // *Аграрный вестник Урала*. 2014. № 7. С. 10–14.
17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
18. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 4. М.: Экология. 1995. 416 с.
19. Крупский Н.К., Полупан Н.И. Атлас почв Украинской ССР. К.: Урожай. 1979. 160 с.
20. Bloomfield C.A. The translocation of metals in soils // *The Chemistry of soils processes* / Eds. D.J. Greenland, M.H.B. Hayes. N.Y.: John Wiley & Sons. 1981. 463 p.
21. Бородина Н.А., Голов В.И. Содержание различных форм Cu, Zn и Mn в почвах города Благовещенск (Амурская область) // *Вестник ДВО РАН*. 2013. № 5. С. 69–76.
22. Чернова О.В., Бекецкая О.В. Допустимые и фоновые концентрации загрязняющих веществ в экологическом нормировании (тяжёлые металлы и другие химические элементы) // *Почвоведение*. 2011. № 9. С. 1102–1113.
6. Wang G., Liu H.-Q., Gong Y., Wei Y., Miao A.-J., Yang L.-Y., Zhong H. Risk assessment of metals in urban soils from a typical industrial city, Suzhou, Eastern China // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2017. V. 14. P. 1025–1042.
7. Sun Z., Chen J. Risk assessment of potentially toxic elements (PTEs) pollution at a rural industrial wasteland in an abandoned metallurgy factory in North China // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018. V. 15. P. 85–101.
8. Heavy metals concentrations after military activity are extremely toxic for life [Internet recourse] <http://ecosoft.in.ua/> (Accessed: 10.04.2018).
9. Matsola D., Voytsekhovskaya A. Artillery fires poison the soil – ecologists investigation [Internet recourse] <http://informator.media/> (Accessed: 10.04.2018).
10. GOST 17.4.4.02-84. Protection of Nature. Soil. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Moskva: Standartinform, 2008. 7 p. (in Russian).
11. Kuznetsov A.V., Fesyun A.P., Samokhvalov S.G., Makhonko E.P. Methodology instruction as for heavy metals determination in agricultural soils and horticulture produce. Moskva: TsINAO, 1992. 61 p. (in Russian).
12. Fomin G.S. Soil. Pollution and ecological safety control to international standards. Moskva: Protector, 2001. 304 p. (in Russian).
13. Poluektov N.S. Flame photometry methods of analysis. Moskva: Khimiya, 1967. 307 p. (in Russian).
14. Aлемасова А.С., Дмитрук Н.П., Пивоварова А.С. Colloidal palladium as matrix modifier while indium, gallium, thallium electrothermal atomic absorption determination // *Donetsk Proceedings 2016. The education, science and modern provocations: Materialy I mezhdunarodnoy konferentsii*. 2016. V. 2. P. 30–31 (in Russian).
15. Dyerffel K. Statistic in analytical chemistry. Moskva: Mir, 1994. 268 p. (in Russian).
16. Baykenova Yu.G. The assessment of danger level of soil contamination by heavy metals // *Agrarnyy vestnik Urala*. 2014. No. 7. P. 10–14 (in Russian).
17. Maximum permitted concentrations of chemical substances in soil. Hygienic normatives 2.1.7.2041-06. Moskva: Federalny tsentr gigieny i epedemiologii Rospotrebnadzora, 2006. 15 p. (in Russian).
18. Ivanov V.V. Ecological geochemistry of elements. V. 4. Moskva: Ecologiya, 1995. 416 p. (in Russian).
19. Krupskiy N.K., Polupan N.I. The atlas of Ukrainian SSR soils. Kiev: Urozhay, 1979. 160 p. (in Russian).
20. Bloomfield C.A. The translocation of metals in soils // *The Chemistry of Soils Processes* / Eds. D.J. Greenland, M.H.B. Hayes. N.Y.: John Wiley & Sons. 1981. 463 p.
21. Borodina N.A. Golov V.I. Different forms of Cu, Zn and Mn content in Blagoveshchensk City (Amur region) // *Vestnik DVO RAN*. 2013. No. 5. P. 69–76 (in Russian).
22. Chernova O.V., Beketskaya O.V. Permitted and background pollutants concentration in ecological standardization (heavy metals and another chemical elements) // *Pochvovedeniye*. 2011. No. 9. P. 1102–1113 (in Russian).

References