

УДК 631.416:631.453

UDC 631.416:631.453

ДОСТОВЕРНОСТЬ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

RELIABILITY OF ESTIMATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN SOILS

Околелова Алла Ароновна
д.б.н., профессор
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия
E-mail: allaokol@mail.ru

Okolelova Alla Aronovna
Dr.Sci.Biol., professor
Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: allaokol@mail.ru

Минкина Татьяна Михайловна
д.б.н., профессор
Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Minkina Tatyana Mikhailovna
Dr.Sci.Biol., professor
Southern Federal University, Rostov-na-Donu, Russia

Мерзлякова Анна Сергеевна
аспирант

Merzlyakova Anna Sergeevna
postgraduate student

Кожевникова Валерия Павловна
аспирант

Kozhevnikova Valeriya Pavlovna
postgraduate student

Рассмотрены способы оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами. Выявлены разночтения при определении степени загрязнения почв и расчете суммарного показателя загрязнения почв химическими элементами, изложенные в действующих нормативных документах. Формулы определения суммарного загрязнения почв в нормативных документах имеют существенные разночтения, не позволяющие объективно оценить опасную аккумуляцию тяжелых металлов. Накопление нескольких химических элементов предлагаем оценивать, не суммируя их концентрации, а определением их превышения по отношению к породе или по его содержанию в почве, принятой за фон

There have been examined the methods for estimating the degree of heavy metal contamination in soils. There have been revealed some discrepancies that concern estimation of soil contamination degree and calculation of consolidated figures for chemical elements contamination in soils stated in effective normative documents. The formulas for estimation of summary soil contamination stated in normative documents reveals considerable discrepancies that do not let give an objective estimation of dangerous concentration of heavy metal. We offer estimation of concentration of several chemical elements not by summarizing their concentration but by estimating their excess in relation to rock or its concentration in soil taken as a background

Ключевые слова: СУММАРНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ, ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ФОРМУЛЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ, ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ

Keywords: CONSOLIDATED FIGURES FOR SOILS CONTAMINATION, BACKGROUND CONCENTRATION, HEAVY METALS, CONCENTRATION, ESTIMATING FORMULAS, ESTIMATION OF CONCENTRATION, MAXIMUM ALLOWABLE CONCENTRATION

Введение

В крупных промышленных городах почвы испытывают хронический стресс, одной из причин которого является постоянное прогрессирующее поступление загрязняющих веществ. Тяжелые металлы (ТМ), представляют собой специфическую группу особо токсичных

поллютантов. Основные источники их поступления на почвенный покров – техногенные.

Для выявления степени антропогенного пресса необходимо не только определить содержание ТМ в почвах, но и обосновать допустимую норму подобной нагрузки с учетом регионального фона, провинциальных природно-климатических условий.

Одной из важных задач мониторинга «здоровья» почв является также определение существующего «фоновое» содержания тяжелых металлов. Это позволит установить «точки отсчета» возможного загрязнения, прогнозировать приоритетные мероприятия по ремедиации почв.

В пределах фоновых территорий на содержание элементов влияют: геохимические особенности покровных отложений; разнообразие коренных пород; содержание органического вещества; рН среды; гидрологический режим, интенсивность промывания почвенного профиля; содержание высокодисперсных минералов [1, 2].

В странах Европы используют показатели качества, которые устанавливают пределы безопасного для человека содержания поллютантов в почвах: SoilScreeningValue [3, 4, 5], выделяя три уровня этого предела:

- незначительный (TargetValue) – концентрация, при которой вещество или элемент не влияет на естественные свойства почвы;
- неприемлемый (InterventionValue) – максимально возможная концентрация, которая допускает использование почвы для конкретного вида хозяйственного использования;
- средний или предостерегающий (Middle, TriggerValue) – средняя между предыдущими значениями, при которой необходимо исследование возможности использования почвы.

TargetValue для цинка составляет 62 мг/кг, свинца – 40, мышьяка – 19, кадмия – 0,8; ртути – 0,55. В Литве и Чехии нормативы по содержанию ТМ в почвах учитывают гранулометрический состав почв [3, 4].

Лимитирующий процесс в почвах урболандшафтов – техногенез, который часто «перекрывает» влияние естественных факторов почвообразования. По характеру изменения городских почв относительно естественных почв региона можно судить об уровне их техногенной трансформации. В крупных городах ненарушенные почвы практически не сохранились, они преобразованы процессами урбанизации.

Объекты исследования

ОАО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» расположено в Красноармейском районе Волгограда. Район расположения предприятия относится к зоне полупустынных степей, подзоне светло-каштановых степей Ергенинской возвышенности и Донской равнины. Исследуемая почва – светло-каштановая супесчаная. Отбор проб в почвенных разрезах и подготовку почв к анализам проводили согласно ГОСТу 17.4.4.02-84. Плотность почвы определяли буром по Н.А. Качинскому. Атомно-адсорбционным методом на спектрометре AGILENT AA140 с пламенной атомизацией определяли общее содержание Pb, Zn, Hg.

В черноземе южном Еланского района определяли валовое содержание Pb, Zn, Hg и As на вольтамперометрическом анализаторе ТА-4 по методике ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.48-06. Территория исследования – трасса газопровода-отвода и газораспределительная станция «Елань». Отбор проб производили методом конверта с глубины 0–20 см.

Результаты и обсуждение

В нормативных документах РФ приведены различные способы оценки степени накопления поллютантов в почве. В МУ 2.1.7.730-99 предложены категории загрязнения почв неорганическими веществами (табл. 1).

Таблица 1 – Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими веществами [7]

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
Класс опасности	1 класс	2 класс	3 класс
$\geq K_{\max}$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК до K_{\max}	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Обращает внимание одинаковый критерий («очень сильная») оценки загрязнения почв элементами 1 класса опасности почв в пределах от ПДК до K_{\max} и выше K_{\max} . В Методических указаниях [7] не оговорено значение данного коэффициента и его величина. Критерий «от 2 фоновых до ПДК» также вызывает много вопросов. Ранее нами было рассмотрено содержание мышьяка в дерново-подзолистых почвах Брянской области, аллювиально-луговых почвах Липецкой области, черноземов южных Оренбургской области, темно-каштановых, темно-каштановых и каштановых почв Волгоградской области, черноземов обыкновенных и урбоchernоземов Ростова-на-Дону, каштановых почв Ставропольского края и желтоземов Краснодарского края. В почвах всех исследуемых объектов выявлено повсеместное превышение фоновых концентраций мышьяка, которые выше ПДК, равное 2. Это также затрудняет возможность использования данных критериев [8, 9].

В МУ 2.1.7.730-99 предложено еще три показателя.

1. Коэффициент K_o . Дана формула его определения:

$$K_o = C / \text{ПДК} \quad (1)$$

Что обозначает C , и как называется коэффициент, не оговорено. Дано описание оценки по K_o : «опасность загрязнения тем выше, чем больше K_o превышает единицу» (с. 6).

2. Коэффициент концентрации химического вещества (K_c). Формула определения:

$$K_c = C_i / C_{\phi i}, \quad (2)$$

где C_i и $C_{\phi i}$ – фактическое содержание определяемого вещества и региональное фоновое.

3. Суммарный показатель загрязнения (Z_c) и формула его определения, которую мы рассмотрим ниже:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1), \quad (3)$$

где n – число определяемых суммируемых вещества; K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Согласно МУ 2.1.7.730-99, по суммарному показателю загрязнения почв (Z_c) категорию загрязнения почв по возможности влияния на здоровье населения оценивают как допустимую при его величине меньше 16, умеренно-опасную – 16–32, опасную – 32–128 и чрезвычайно опасную – больше 128.

В п. 2 ГОСТа 17.4.3.06-86 приведены другие оценки загрязнения почв [10]. По степени загрязнения их подразделяют следующим образом:

1) сильно загрязненные. Содержание загрязняющих веществ, в которых в несколько раз превышает ПДК.

2) средне загрязненные. Превышение ПДК без видимых изменений в свойствах почв.

3) слабо загрязненные. Содержание химических веществ, в которых не превышает ПДК, но выше естественного фона. Не оговорено, что принимать за фон.

В этой градации не даны числовые значения.

В этом ГОСТе предложен коэффициент концентрации загрязнения почвы H_c и две формулы его определения, одна с учетом фона, другая – ПДК:

$$H_c = C/C_{\phi}, \quad (4) \quad H_c = C/C_{ПДК}, \quad (5)$$

где C – общее содержание загрязняющих веществ, C_{ϕ} – среднее фоновое содержание загрязняющих веществ; $C_{ПДК}$ – содержание предельно-допустимых количеств загрязняющих веществ.

Наличие двух формул уже залог разночтений.

При определении Z_c нами выявлены существенные разночтения в действующих документах. В каждом из них приведены разные формулы определения данного показателя:

$$Z_{c1} = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1), \quad (6)$$

где $K_c = C_i/C_{\phi i}$ – коэффициент концентрации i -го химического элемента; C_i – фактическое содержание i -го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг; $C_{\phi i}$ – фоновое содержание, содержание i -го химического элемента в почвах, мг/кг; n – число учитываемых элементов с $K_c > 1$ [11];

$$Z_{c2} = \sum_{i=1}^n (K_{cc} + \dots + K_{cn}) - (n-1), \quad (7)$$

где $K_c = C_i/C_{\phi i}$ – коэффициент концентрации химического вещества; C_i – фактическое содержание определяемого вещества в почве, мг/кг; $C_{\phi i}$ – региональное фоновое содержание определяемого вещества в почве, мг/кг; n – число определяемых суммируемых веществ [7];

$$Z_{c3} = C_{(i)факт} / C_{(i)фон}, \quad (8)$$

где $C_{(i)факт}$ – фактическое содержание i -гетоксиканта в почве; $C_{(i)фон}$ – значение регионально-фоновое содержания в почве i -гетоксиканта [12].

Согласно Постановлению Правительства от 19 июля 2012 г. № 736 [13], суммарный показатель содержания в почве загрязняющих веществ Z_c , определяют как сумму отношений фактического содержания каждого загрязняющего вещества, концентрация которого превышает установленное для химических веществ нормативы ПДК, к величине его норматива ПДК:

$$Z_{c4} = \sum_{i=1}^n C_{(i)факт} / C_{ПДК}, \quad (9)$$

где $C_{(i)факт}$ – фактическое содержание загрязняющего вещества в почве, превышающее норматив ПДК; $C_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в почве.

Основные нестыковки мы видим в следующем. Физический смысл этих формул явно не объективен. Если мы будем рассчитывать Z_c семнадцати элементов по формулам 9, то, при условии, что их концентрация соответствует фоновой, суммарное значение равно 17, больше 16, а, значит, категория загрязнения будет оценена как умеренно-опасная.

При анализе существующих нормативных документов объективность оценки ТМ в почве затрудняют следующие моменты.

1. Разночтения в самих формулах.

2. Отсутствие моносемантизации терминов. Концентрация исследуемого элемента (C_i) в рассмотренных документах трактуют по-разному: «химический элемент» [11], «определяемое вещество» [7], «токсикант» [12], загрязняющее вещество [13].

Формулировки «определяемое вещество» и «загрязняющее вещество» и «токсикант» очень расплывчаты и не конкретны. Считаем самым рациональным определение «химический элемент».

3. Для использования предлагаемого в нормативных документах показателя необходимы: одинаковый количественный и качественный набор элементов (приборная база и методы экстракции, реагенты).

4. Фоновая концентрация исследуемого элемента $C_{(i)факт}$ в представленных документах трактуют по-разному: фоновое [11], региональное фоновое [7], регионально-фоновое [12].

Фоновое содержание химического вещества в почвах – уровень содержания, сравнение с которым позволяет обнаружить превышение его в исходно аналогичных почвах под влиянием антропогенных факторов [14].

Под регионально-фоновым содержанием химического вещества понимают их концентрацию в почвах территории, не испытывающих техногенной нагрузки [12]. «Определять местные фоновые содержания химических элементов в почвах следует в геохимических ландшафтах, аналогичных изучаемым, но не подвергшихся техногенному воздействию. Это должно исключить влияние техногенеза на изменение величины природных фоновых концентраций» [15].

Правительство РФ [13] установило критерии значительного ухудшения экологической обстановки в результате использования земельных участков из земель с/х назначения с нарушением установленных законодательством требований рационального их использования. Таких критериев два. Один из них о загрязнении почвы химическими веществами, при котором суммарный показатель содержания в почве загрязняющих веществ, концентрация которых превышает установленные для химических веществ нормативы предельно допустимых концентраций, равен или превышает значение 30. Указанный показатель определяют как сумму отношений фактического содержания каждого загрязняющего вещества, концентрация которого превышает установленные для химических веществ нормативы предельно допустимой концентрации, к величине его норматива предельно допустимой концентрации [13]. Фактически в новом постановлении Z_c рассчитывают как отношение $C_{факт}/C_{ПДК}$, только для тех элементов, концентрация которых выше ПДК. Это четвертая формула. Предыдущие не отменены!

Проведен расчет Z_c , используя несколько вариантов фонового значения на примере одного почвенного образца: данные по почвам Нижнего Поволжья; по Волгоградской области; по Еланскому району; по черноземам южным Еланского района.

Для обоснования и объективного расчета накопления химических элементов в почве необходимо и обязательно наличие двух основных факторов: 1) одинаковый набор исследуемых элементов; 2) одинаковые методы их определения. И то, и другое, практически невозможно реализовать.

Мы просчитали суммарное накопление в почве тяжелых металлов для одного объекта по основным формулам. Содержание ТМ в черноземе южном представлено в таблице 2.

Таблица 2. Содержание химических элементов в черноземе южном, мг/кг

Объект	Pb	Cd	Zn	As
ПДК	32,0	0,5	55,0	2,0
Проба	7,5	0,10	48	6,1

Из анализа данных очевидно превышение ПДК в исследованной почве мышьяка в три раза. Доля цинка близка к порогу ПДК, а свинца и кадмия – в 4,3 и 5 соответственно раз меньше.

Расчет суммарного показателя Z_c провели по всем выше перечисленным формулам. Фоновые значения исследуемых элементов приведены в таблице 3, результаты расчетов представлены в табл. 4, 5.

Таблица 3. Фоновое содержание химических элементов, мг/кг

Элемент	фон 1	фон 2	фон 3	фон 4
Pb	9,55	10,3	20	10,8
Zn	41,26	37,8	68	37,4
Cd	0,27	0,16	0,24	0,13
As	5,87	5,9	5,6	5,87

Примечание: за фон принимали: 1 – содержание тяжелых металлов в почвах Волгоградской области [16]; 2 – фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Еланского района [16]; 3 – фоновое содержание тяжелых металлов согласно СП 11-102-97 [17]; 4 – фоновое содержание тяжелых металлов в соответствии с типом почв (черноземы южные Еланского района [16,18].

Таблица 4. Суммарные показатели загрязнения Z_{c1} и Z_{c2} (формулы 6–8)

Виды фона	Z_{c1}	Z_{c2}
1	1,2	0,35

2	1,3	0,65
3	1,1	-0,41
4	1,3	0,78

Из анализа полученных данных (табл. 4) видно, что цифровое значение Z_{c1} изменяется в очень узком диапазоне – от 1,1 до 1,3, а Z_{c2} – с отрицательного значения, равного – 0,41 до 0,78 (на 138 единиц) и последний в 1,5–2 раза меньше, чем первый.

Таблица 5. Суммарные показатели загрязнения Z_{c3} и Z_{c4} (формулы 8, 9)

Z_{c3}	фон 1	фон 2	фон 3	фон 4	Z_{c4}
$Z_{c3}(\text{Pb})$	0,78	0,73	0,38	0,69	0,23
$Z_{c3}(\text{Zn})$	1,16	1,27	0,71	1,28	0,87
$Z_{c3}(\text{Cd})$	0,37	0,63	0,42	0,77	0,20
$Z_{c3}(\text{As})$	1,04	1,03	1,09	1,04	3,05
$Z_{c3\text{сум}}$	3,35	3,66	2,60	3,78	4,35

Данные, представленные в табл. 5, отчетливо показывают разночтения в результатах определения Z_{c3} , которые изменяются в диапазоне от 0,06 (для мышьяка) до 0,40 для свинца и кадмия и 0,57 – для цинка. При расчете Z_{c3} по фону 1 и 2 минимальные значения для кадмия, максимальные – для цинка, по фону 3 и 4 – наименьшие для свинца, большие – для мышьяка (фон 3). В зависимости от фона величина $Z_{c3\text{сум}}$ изменяется в диапазоне от 2,60 до 3,78 (в 1,45 раза). При определении Z_{c4} наименьшие величины у кадмия и свинца, максимальные – у мышьяка.

По формуле 6 мы не можем объективно оценить содержание тяжелых металлов в почве, так как расчет по ней ограничен учетом только тех элементов, для которых K_c больше 1. Использование формулы 7 дает отрицательное значение, тем самым программируя ошибку. При расчете Z_c по формуле 8 в определении регионально-фоновое содержание химического вещества не оговорено, что за фон нужно принимать, не сказано ничего о типе исследуемой почвы. Формулы 6 и 7 учитывают количество определяемых элементов посредством безразмерного

коэффициента, в то время как в формуле 8, расчет производят для каждого элемента, независимо от того, превышает ли его концентрация фон.

Ранее авторами было показано, что величина ПДК мышьяка в почве ниже фонового содержания [19]. Следовательно, при расчете суммарного показателя содержания в почве поллютантов по формуле 4, расчет не объективен в тех случаях, когда выявлено превышение величины ПДК мышьяка в почве [20].

С целью повышения объективности оценки содержания в почвах тяжелых металлов предлагаем учитывать их накопление относительно данного типа ненарушенных, не подверженных деградации почв.

Из текста Постановления Правительства [13] следует, что, одним из критериев значительного ухудшения экологической обстановки является загрязнение почв химическими веществами, при котором суммарный показатель содержания в почве загрязняющих веществ равен или превышает значение 30 [13]. При этом, величина суммарного показателя 30 и большее ничем не обоснована.

Для определения полиэлементного загрязнения почв предлагаем следующее:

1. Сравнивать содержание каждого элемента с их концентрацией в исходной доначала эксплуатации в незагрязненной исследуемой почве
2. Для учета процессов почвообразования рассчитывать коэффициент радиальной дифференциации R относительно почвообразующей породы:

$$R = C_i / C_c, \quad (10)$$

где C_i и C_c , соответственно концентрации данного элемента в конкретном горизонте и породе [21].

Мы рассчитали коэффициент радиальной дифференциации R в почвах ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка». В связи с тем, что на территории промзоны преобладают насыпные грунты, исследование почвенных профилей производили в местах бурения скважин. Результаты

анализов приведены в таблице 6.

Таблица 6. Коэффициент радиальной дифференциации

№ разреза	R		
	Pb	Zn	Hg
1	0,73	0,92	1,33
2	1,58	0,97	1,06
3	0,98	0,75	0,95
4	1,10	0,82	1,00
5	1,60	1,90	1,00
6	0,25	0,25	1,00
Среднее	1,04	0,94	1,06

Коэффициент R исследуемых элементов близок к единице (табл. 6). Это свидетельствует об отсутствии накопления ТМ в верхней части профиля. Значения коэффициента R , меньшие, чем в породе, свидетельствуют об отсутствии их антропогенного накопления. Превышение концентрации данного элемента в почве по сравнению с породой свидетельствует об его аккумуляции.

Антропогенный пресс способствует формированию в урболандшафтах хемоземов – почв, подвергшихся химическому загрязнению тяжелыми металлами и металлоидами, содержание которых превышает существующие нормативы [22]. С целью составления научно обоснованных прогнозов возможности накопления тяжелых металлов в почвах и ландшафтах необходимо иметь точные методы оценки их аккумуляции.

Выводы

1. Выявлены разночтения при определении степени загрязнения почв и расчете суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами, изложенные в действующих нормативных документах.

2. Предложены способы оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами использовать коэффициент радиальной дифференциации. Превышение концентрации данного элемента в почве по сравнению с породой свидетельствует о его антропогенной аккумуляции.

3. В случае анализа состояния ТМ в урбаноземах необходимо сравнивать содержание каждого элемента с их концентрацией в исходной незагрязненной почве.

Список литературы

1. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1989. – 305 с.
2. Чернова О.В., Бекецкая О.В. Допустимые и фоновые концентрации загрязняющих веществ в экологическом нормировании (тяжелые металлы и другие химические элементы). Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1102-1113.
3. Carlon C. Derivation method of soil screening values in Europe // A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission Joins Research Centre. 2007. Ispa, EUR 22805-EN. – 306 p.
4. Heemsbergen D., Warne M., McLaughlin M., Kookana R. The Australian methodology to derive ecological investigation levels in contaminated soils. CSIRO Land and Water Science Report. 2009. V. 43/09.
5. Swartjes F. A. Risk-based assessment of soil and ground-water quality in the Netherlands: standards and remediation urgency // Risk Analysis. 1999. V. 19. № 6. p 1235-1249.
6. Фрид А.С. Экологическое нормирование свойств почв при антропогенных воздействиях. Матер. межд. Научн. конф., посвящ. 1650-летию В.В. Докучаева. «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России». – СПб., 2011. С. 498-499.
7. Методические указания «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». М.: 2003 Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7.02.1999. № 2.1.7.730-99.
8. Околелова А.А., Рахимова Н.А., Желтобрюхов В.Ф. Оценка накопления тяжелых металлов в почвах Волгограда. Волгоград, 2012. – 80 с.
9. Содержание и нормирование тяжелых металлов в почвах Волгограда / Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С. и др. – Волгоград, 2014. – 144 с.
10. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. Введ. 01.07.87. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4с.
11. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. Москва, 2003, 33 с.

12. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ 27 декабря 1993 г. № 04-25/61-5678.

13. О критериях значительного ухудшения экологической обстановки в результате использования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения с нарушением установленных земельным законодательством требований рационального использования земли: Постановление от 19 июля 2012 г. № 736 // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 30. – Ст. 4290.

14. Химическое загрязнение почв и их охрана. Словарь-справочник / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова, Л.К. Садовникова и др. – М.: МГУ, 1991. – 303 с.

15. Алексеев В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.

16. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 году // Ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды администрации Волгогр. обл. – Волгоград, 2011.

17. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». Москва, 1997.

18. Околелова А.А., Кожевникова В.П., Тарасов А.П. Оценка полиэлементной токсикации почв // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. (ч. 2). С. 269-300.

19. Безуглова О.С., Околелова А.А. О нормировании содержания мышьяка в почвах // Живые и биокосные системы. 2012. № 1. С.1-11.

20. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Куницына И.А., Кожевникова В.П. Особенности содержания мышьяка в почвах различных регионов европейской части Российской Федерации // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 4. С. 87-89.

21. Гаврилова И.П., Касимов Н. С. Практикум по геохимии ландшафтов. М.: МГУ, 1989. – 72 с.

22. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

References

1. Dobrovol'skij V.V. Geografija mikrojelementov. Global'noe rassejanie. – М.: Mysl', 1989. – 305 s.

2. Chernova O.V., Becekaja O.V. Dopustimye i fonovye koncentracii zagraznjajushhih veshhestv v jekologicheskom normirovanii (tjzhelye metally i drugie himicheskie jelementy). Pochvovedenie. – 2011. – № 9. – S. 1102-1113.

3. Carlon C. Derivation method of soil screening values in Europe // A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission Joins Research Centre. 2007. Ispa, EUR 22805-EN. – 306 p.

4. Heemsbergen D., Warne M., McLaughlin M., Kookana R. The Australian methodology to derive ecological investigation levels in contaminated soils. CSIRO Land and Water Science Report. 2009. V. 43/09.

5. Swartjies F. A. Risk-based assessment of soil and ground-water quality in the Netherlands: standards and remediation urgency // Risk Analysis. 1999. V. 19. № 6. p 1235-1249.

6. Frid A.S. Jekologicheskoe normirovanie svojstv pochv pri antropogennyh vozdeystvijah. Mater. mezhd. Nauchn. konf., posvjashh. 1650-letiju V.V. Dokuchaeva. «Resursnyj potencial pochv – osnova prodovol'stvennoj i jekologicheskoy bezopasnosti Rossii». – SPB., 2011. S. 498-499.

7. Metodicheskie ukazaniya «Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naselennyh mest». М.: 2003 Utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 7.02.1999. № 2.1.7.730-99.

8. Okolelova A.A., Rahimova N.A., Zheltobryuhov V.F. Ocenka nakopleniya tjazhelyh metallov v pochvah Volgograda. Volgograd, 2012. – 80 s.
9. Soderzhanie i normirovanie tjazhelyh metallov v pochvah Volgograda / Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Egorova G.S. i dr. – Volgograd, 2014. – 144 s.
10. GOST 17.4.3.06-86. Ohrana prirody. Pochvy Obshhie trebovanija k klassifikacii pochv po vlijaniju na nih himicheskikh zagryaznjajushhih veshhestv. Vved. 01.07.87. – M.: Izd-vo standartov, 1987. – 4s.
11. Metodicheskie ukazaniya po ocenke gorodskih pochv pri razrabotke gradostroitel'noj i arhitekturno-stroitel'noj dokumentacii. Moskva, 2003, 33 s.
12. Pis'mo Ministerstva ohrany okruzhajushhej sredy i prirodnih resursov RF 27 dekabrja 1993 g. № 04-25/61-5678.
13. O kriterijah znachitel'nogo uhudshenija jekologicheskoy obstanovki v rezul'tate ispol'zovanija zemel'nyh uchastkov iz zemel' sel'skohoz'jajstvennogo naznacheniya s narusheniem ustanovlennyh zemel'nym zakonodatel'stvom trebovanij racional'nogo ispol'zovanija zemli: Postanovlenie ot 19 ijulja 2012 g. № 736 // Sobranie zakonodatel'stva RF. – 2012. – № 30. – St. 4290.
14. Himicheskoe zagryaznenie pochv i ih ohrana. Slovar'-spravochnik / D.S. Orlov, M.S. Malinina, G.V. Motuzova, L.K. Sadovnikova i dr. – M.: MGU, 1991. – 303 s.
15. Alekseenko V.A. Jekologicheskaja geohimija. – M.: Logos, 2000. – 627 s.
16. Doklad o sostojanii okruzhajushhej sredy Volgogradskoj oblasti v 2011 godu // Kom. prirod. resursov i ohrany okruzhajushhej sredy administracii Volgogr. obl. – Volgograd, 2011.
17. SP 11-102-97 «Inzhenerno-jekologicheskie izyskanija dlja stroitel'stva». Moskva, 1997.
18. Okolelova A.A., Kozhevnikova V.P., Tarasov A.P. Ocenka polijelementnoj toksikacii pochv // Fundamental'nye issledovanija. 2014. № 3. (ch. 2). S. 269-300.
19. Bezuglova O.S., Okolelova A.A. O normirovanii soderzhanija mysh'jaka v pochvah // Zhivye i ibiokosnye sistemy. 2012. № 1. S.1-11.
20. Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Kunicyna I.A., Kozhevnikova V.P. Osobennosti soderzhanija mysh'jaka v pochvah razlichnyh regionov evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii // Jekologija urbanizirovannyh territorij. 2013. № 4. S. 87-89.
21. Gavrilova I.P., Kasimov N. S. Praktikum po geohimii landshaftov. M.: MGU, 1989. –72 s.
22. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.IM., Gerasimova M.I. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii. Smolensk: Ojkumena, 2004. – 342 s.