



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-3-209-218
УДК 631.415(504.5)

Научная статья

Оценка экологической комфортности почв городских экосистем при воздействии на них тяжелых металлов

Н.П. Неведров

Курский государственный университет
Российская Федерация, 305000, Курск, ул. Радищева, 33

Аннотация. Оценка экологического состояния компонентов окружающей среды на территориях городов играет важную роль в достижении экологической безопасности и экологической комфортности для проживания человека, а также ведения хозяйственной деятельности. В работе представлен и апробирован комплексный индекс экологической комфортности почв, потенциально и актуально подверженных воздействию тяжелых металлов, рассчитываемый по отношению суммарного воздействия тяжелых металлов (ТМ) на почвы, растения и почвенную биоту к сумме показателей экологической устойчивости почв к данному воздействию и способности почв препятствовать загрязнению ТМ сопредельных территорий. Предложена шкала нормирования экологической комфортности почв на примере городских экосистем Курска. Отмечено, что на территории города 42,8 % почв исследуемых ключевых участков, расположенных в санитарно-защитных и рекреационных зонах, являются экологически комфортными, в то время как 57,2 % почв промышленных, селитебных и санитарно-защитных функциональных зон города находятся за пределами экологической комфортности.

Ключевые слова: экологическая комфортность, индекс экологической комфортности почв, тяжелые металлы, городские почвы, экологическая устойчивость

Введение

Городские территории представляют собой жилище для основной массы населения нашей планеты [1]. Экологическая комфортность городских территорий определяет как возможность для проживания и хозяйствования человека, так и его благополучие и здоровье. В условиях высокой техногенной нагрузки на экосистемы городов экологические функции их компонентов ограничены. Современные достижения в технологиях организации городской инфраструктуры могут позволить создавать экосистемы, устойчивые к различным уровням техногенной нагрузки. Важным моментом в такой работе является объективная оценка актуального экологического состояния компонентов экосистем и прогнозирование сценариев их динамики. Точность

© Неведров Н.П., 2019



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

подобных оценок может повысить рациональность планов строительства и организации промышленного производства в рамках городских агломераций [2].

Экологическая оценка и экологическое нормирование требуют комплексного подхода, учитывающего оценку функционального состояния всех компонентов экосистем. Базовым компонентом сухопутных экосистем являются почвы, которые регулируют глобальные процессы круговоротов и миграции веществ [3; 4].

Одним из частых видов загрязнений почв городов является загрязнение тяжелыми металлами (ТМ). Количество источников эмиссии ТМ в окружающую среду неуклонно растет, вследствие чего массы ТМ депонируются в почвах, вызывая различные изменения в их функционировании [3; 5].

На современном этапе оценка загрязненности почв ТМ основывается на сопоставлении актуального содержания ТМ в поверхностном корнеобитаемом слое почвы, как правило, в гумусово-аккумулятивном горизонте с установленными санитарно-гигиеническими нормативами ПДК и ОДК [6].

Наукой разработан и апробирован ресурсный метод оценки загрязненности почв ТМ и предложены условные нормативы запасов ТМ в метровой толще почвы. Данный метод позволяет оценить степень глубинного загрязнения и уточнить экологическую опасность для сопредельных экосистем [4; 7].

Высокая пространственная неоднородность почвенного покрова с наличием значительного количества антропогенно-преобразованных почв в условиях города требует более детального подхода, который должен основываться на отношении уровня техногенного воздействия на почвенно-растительный покров и биоту к устойчивости почв.

Цель работы состояла в разработке и апробации комплексного индекса экологической комфортности почв городских экосистем при воздействии на них и биоту тяжелых металлов.

Объекты и методы исследования

В работе была проведена апробация предложенного автором комплексного индекса оценки экологического состояния почв городских экосистем Курска, который может быть применим в оценке экологической комфортности почв. В качестве объектов исследования были выбраны четырнадцать участков, представленных генетически разнородными почвами, имеющими различный уровень антропогенной трансформации и различный уровень загрязнения тяжелыми металлами. Комплексный индекс оценки экологического состояния (экологической комфортности) был рассчитан для девяти типов антропогенно-преобразованных и фоновых почв Курска: чернозем выщелоченный, темно-серая типичная почва, темно-серая глееватая почва, аллювиально-пойменная глееватая почва, дерново-подзол песчаный иллювиально-железистый, подзол песчаный иллювиально-железистый, урбанозем собственно, урбо-темно-серая типичная почва, урбосерая типичная почва.

Расчет комплексного индекса экологической комфортности (Ecological Comfort Index – ECI) почв проводился по формуле, приведенной далее, которая представляет собой отношение суммы показателей воздействия тяжелых металлов на почвенно-растительный покров и почвенную биоту к сумме

показателей экологической устойчивости почв к воздействию тяжелых металлов и способности почв препятствовать загрязнению ТМ сопредельных территорий.

$$ECI = \frac{C_{me} + Q_{me} + M_{ob} + C_{fit} + T_{mb}}{H + |\Delta pH| + ST + GB + LT},$$

где, C_{me} – превышение валового содержания тяжелого металла в гумусово-аккумулятивном горизонте над ПДК (количество раз); Q_{me} – превышение запаса тяжелого металла в метровом слое почвы над условным региональным нормативом ПДК (количество раз); M_{ob} – доля подвижных форм тяжелого металла относительно его валового содержания; C_{fit} – превышение норматива содержания тяжелого металла в фоновых видах растений (количество раз); T_{mb} – трансформация почвенной микробиоты, оцениваемая *in situ* по изменениям потоков эмиссии CO_2 и целлюлозолитической активности почв относительно фоновых аналогов с использованием мобильного высокоточного инфракрасного газоанализатора Li-820 и аппликационного метода (0 – трансформация не наблюдается, 1 – трансформация наблюдается); H – содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте (%); $|\Delta pH|$ – контрастность кислотно-щелочного геохимического барьера в метровой толще почвы; ST (*soil texture*) – гранулометрический состав почвы (значение коэффициентов: 1 – песчаный, глинистый, 2 – супесчаный, 3 – суглинистый); GB – наличие геохимических барьеров в глубинных горизонтах почв – железисто-марганцевые конкреции, карбонатный, глеевый и др. (0 – геохимические барьеры отсутствуют, 1 – геохимические барьеры имеются); LT – положение в ландшафте (значения коэффициентов: 1 – супераквальные и трансупераквальные ландшафты с гидроморфными почвами, 2 – аккумулятивные, трансаккумулятивные и транзитные ландшафты с полугидроморфными и автоморфными почвами, 3 – элювиальные ландшафты с автоморфными почвами).

Показатели воздействия на почвы, приведенные в числителе уравнения являются общепринятыми показателями оценки воздействия тяжелых металлов на компоненты окружающей среды (почвы, растения, почвенный микробиоценоз), учитывающие превышения значений ПДК и фоновых характеристик. В знаменателе уравнения приводятся как базовые характеристики устойчивости почв и ландшафтов к воздействию ТМ с предложенными условными значениями, так и количественные характеристики внутрипочвенных геохимических барьеров.

Полученные расчетные значения комплексного индекса экологической комфортности почв предлагается нормировать согласно правовым актам, действующим на территории Российской Федерации: Федеральному закону «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 27 декабря 2018 года); Критериям оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (утверждено Министерством природных ресурсов Российской Федерации 30 ноября 1992 г.), а также по предлагаемым отечественными исследователями уровням природно-антропогенных экологических нарушений, применяя диапазоны, указанные в табл. 1 [8; 9].

Таблица 1

Шкала экологического нормирования и экологической комфортности почв городских экосистем

Уровень нарушения почвы	Степень комфортности почв	Значение ECI
Норма	Комфортная	< 0,5
Риск	Условно комфортная	0,5–1
Кризис	Некомфортная	1–5
Бедствие	Некомфортная	> 5

Table 1

Scale for ecological regulation and ecological comfort of urban ecosystem soils

Soil degradation rate	Soil comfort	ECI value
Normal quality standard	Comfortable	< 0,5
Ecological risk	Relatively comfortable	0,5–1
Ecological crisis	Uncomfortable	1–5
Ecological disasters	Uncomfortable	> 5

Учитывая особенность городских экосистем и высокую расчлененность структуры землепользования на относительно небольших территориях, а также практически неотъемлемый антропогенный пресс, уровни природно-антропогенных экологических нарушений почв «Норма» и «Риск» можно относить к комфортным и условно комфортным с учетом структуры землепользования и функционального зонирования городских территорий. Уровни природно-антропогенных экологических нарушений почв «Кризис» и «Бедствие» – считать некомфортными (табл. 1).

Расчет индекса экологической комфортности необходимо проводить по каждому тяжелому металлу отдельно. В случае если индекс, рассчитанный для одного или нескольких металлов, выше диапазона комфортности, то данные почвы считать условно комфортными или некомфортными (табл. 1).

Обменная кислотность почвы и содержание гумуса определялись общепринятыми методами: рН_{KCl} – ГОСТ 26483-85, гумус по Тюрину – ГОСТ 26213-91. Содержание валовых и подвижных форм свинца и кадмия выявлялось с применением атомно-адсорбционной спектрометрии. Запасы ТМ рассчитывались по методу А.В. Смагина с соавт., условный региональный норматив запасов Pb и Cd рассчитывался с учетом показателя плотности почв Курска [4; 7]. Использовались значения ПДК для свинца и кадмия в почвах (ГН 2.1.7.2041-06). Диагностику и классификацию проводили в соответствии с современными представлениями о классификации почв [10–12].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования установлен значительный уровень пространственной неоднородности свойств почв. К примеру, содержание гумуса в гумусово-аккумулятивных горизонтах варьирует от 0,37 до 6,1 %. Внутрипрофильные изменения рН составляют от 0,2 до 2 единиц (табл. 2).

Максимум загрязнения почв валовым свинцом достигает 7,4 ПДК, валовым кадмием – 1,41 ПДК. Максимальные превышение норм содержания ТМ в растениях составляли для свинца 8 раз, для кадмия – 1,1 раза.

Таблица 2

Оценка степени экологической комфортности почв экосистем Курска по комплексному индексу экологической комфортности через отношение показателей воздействия ТМ на почвы, растительность и биоту к экологической устойчивости почв

№ п/п	Тип почвы, компонент ландшафта	Значение ЕСИ при воздействии Pb, Cd	Категория состояния, степень комфортности	Содержание гумуса, %	Контрастность кислотно-щелочного барьера, дрн	Содержание Pb в долях ПДК, почва, фоновая растительность	Содержание Cd в долях ПДК, почва, фоновая растительность	Запас ТМ в метровом слое почвы/см ² в долях условного норматива ПДК, Pb, Cd	Трансформация микробиоты (+ отмечается / – отсутствует)	Мобильность ТМ, % Pb, Cd
1	Чернозем выщелоченный среднесуглинистый миграционно-мицелярный, элювиальный	<u>0,15</u> 0,13	<u>Норма</u> К	4,9	0,2	0,41 0,9	<u>0,44</u> 0,4	<u>0,37</u> 0,63	–	<u>19,1</u> 18,9
2	Темно-серая типичная среднесуглинистая, транзитный	<u>0,22</u> 0,1	<u>Норма</u> К	4,5	1,4	<u>0,56</u> 1,12	<u>0,15</u> 0,2	<u>0,7</u> 0,43	–	<u>9,0</u> 41,0
3	Темно-серая глееватая среднесуглинистая, аккумулятивный	<u>0,22</u> 0,12	<u>Норма</u> К	4,2	0,8	<u>0,8</u> 0,74	<u>0,4</u> 0,2	<u>0,8</u> 0,43	–	<u>11,2</u> 32,5
4	Аллювиально-пойменная глееватая среднесуглинистая, супераккумулятивный (район ТЭЦ-1)	<u>0,74</u> 0,61	<u>Риск</u> УК	2	0,5	<u>1,02</u> 1,94	<u>0,75</u> 1,1	<u>0,8</u> 1,0	+	<u>7,0</u> 12,1
5	Аллювиально-пойменная глееватая среднесуглинистая, супераккумулятивный (пляж «Здоровье»)	<u>0,30</u> 0,18	<u>Норма</u> К	6,1	0,5	<u>1,06</u> 1,5	<u>0,4</u> 0,9	<u>0,85</u> 0,41	–	<u>17,0</u> 41,4
6	Дерново-подзол песчаный иллювиально-железистый, транзитный (парк «Моква»)	<u>0,32</u> 0,18	<u>Норма</u> К	1,9	0,8	<u>0,29</u> 1,38	<u>0,25</u> 0,2	<u>0,21</u> 0,23	–	<u>29,3</u> 58,1
7	Дерново-подзол песчаный иллювиально-железистый, транзитный (Горелый лес)	<u>0,27</u> 0,29	<u>Норма</u> К	1,2	0,6	<u>0,2</u> 0,56	<u>0,12</u> 0,3	<u>0,16</u> 0,21	–	<u>41,0</u> 79,0
8	Подзол песчаный иллювиально-железистый, элювиальный	<u>1,11</u> 0,26	<u>Кризис</u> НК	0,37	0,5	<u>0,15</u> 4,62	<u>0,34</u> 0,3	<u>0,07</u> 0,21	–	<u>52,3</u> 43,1
9	Подзол песчаный иллювиально-железистый, трансэлювиальный	<u>1,51</u> 0,38	<u>Кризис</u> НК	1,7	0,6	<u>4,27</u> 5	<u>1,26</u> 1,0	<u>0,54</u> 0,23	+	<u>31,0</u> 32,2
10	Урбанозем собственно среднесуглинистый, элювиальный	<u>1,30</u> 0,36	<u>Кризис</u> НК	5,9	0,7	<u>3,9</u> 7,6	<u>1,39</u> 1,1	<u>3,75</u> 0,87	+	<u>18,0</u> 26,1
11	Урбанозем собственно среднесуглинистый, транзитный	<u>2,45</u> 3,56	<u>Кризис</u> НК	2,6	0,6	<u>7,4</u> 8,0	<u>1,41</u> 1,1	<u>5,9</u> 29,0	+	<u>33,5</u> 32,8
12	Урбосерая типичная среднесуглинистая, элювиальный	<u>0,7</u> 0,24	<u>Риск</u> УК	2,9	0,3	<u>1,23</u> 2,7	<u>0,3</u> 0,1	<u>1,07</u> 0,53	+	<u>44,0</u> 30,2
13	Урбосерая типичная среднесуглинистая, транзитный	<u>0,68</u> 0,24	<u>Риск</u> УК	2,2	2,0	<u>0,87</u> 2,7	<u>0,29</u> 0,1	<u>0,9</u> 0,33	+	<u>18,3</u> 27,0
14	Урбо-темно-серая типичная среднесуглинистая, элювиальный	<u>0,51</u> 0,29	<u>Риск</u> УК	2	0,9	<u>1,02</u> 1,1	<u>0,27</u> 0,2	<u>1,35</u> 0,5	+	<u>14,2</u> 63,0

Примечание: К – комфортная; УК – условно комфортная; НК – некомфортная.

Table 2

Assessment of the degree of ecological comfort of the soils of the ecosystems of Kursk by the integrated index of ecological comfort based on the ratio of the impact of HM on soils, vegetation and biota to the ecological sustainability of soils

No	Type of soil, landscape component	ECl value when exposed, Pb, Cd	Status Category, Degree of comfort	Humus content, %	Acid-base barrier contrast, ΔpH	Pb concentration in shares of MPC, Soil, background vegetation	Cd concentration in shares of MPC, Soil, background vegetation	HM stock in meter soil layer in fractions of the standard MPC, Pb, Cd	Microbiota transformation (+ is marked / – is absent)	HM Mobility, % Pb, Cd
1	Chernozem leached middle loamy, eluvial landscape	<u>0.15</u> 0,13	<u>Standard</u> C	4,9	0,2	<u>0.41</u> 0,9	<u>0.44</u> 0,4	<u>0.37</u> 0,63	–	<u>19.1</u> 18,9
2	Dark gray typical middle loamy soil, transite landscape	<u>0.22</u> 0,1	<u>Standard</u> C	4,5	1,4	<u>0.56</u> 1,12	<u>0.15</u> 0,2	<u>0.7</u> 0,43	–	<u>9.0</u> 41,0
3	Dark gray gley middle loamy soil, accumulative landscape	<u>0.22</u> 0,12	<u>Standard</u> C	4,2	0,8	<u>0.8</u> 0,74	<u>0.4</u> 0,2	<u>0.8</u> 0,43	–	<u>11.2</u> 32,5
4	Alluvials meadow gley c middle loamy soil, supraqual landscape (District Thermal Power Station – 1)	<u>0.74</u> 0,61	<u>Risk</u> RC	2	0,5	<u>1.02</u> 1,94	<u>0.75</u> 1,1	<u>0.8</u> 1,0	+	<u>7.0</u> 12,1
5	Alluvials meadow gley c middle loamy soil, supraqual landscape (beach “Zdorov’e”)	<u>0.30</u> 0,18	<u>Standard</u> C	6,1	0,5	<u>1.06</u> 1,5	<u>0.4</u> 0,9	<u>0.85</u> 0,41	–	<u>17.0</u> 41,4
6	Sandy sod-podzol illuvial-ferruginous, transite landscape (forest-park “Mokva”)	<u>0.32</u> 0,18	<u>Standard</u> C	1,9	0,8	<u>0.29</u> 1,38	<u>0.25</u> 0,2	<u>0.21</u> 0,23	–	<u>29.3</u> 58,1
7	Sandy sod-podzol illuvial-ferruginous, transite landscape (Gorelii forest)	<u>0.27</u> 0,29	<u>Standard</u> C	1,2	0,6	<u>0.2</u> 0,56	<u>0.12</u> 0,3	<u>0.16</u> 0,21	–	<u>41.0</u> 79,0
8	Sandy podzol illuvial-ferruginous, transite landscape, eluvial landscape	<u>1.11</u> 0,26	<u>Crisis</u> UC	0,37	0,5	<u>0.15</u> 4,62	<u>0.34</u> 0,3	<u>0.07</u> 0,21	–	<u>52.3</u> 43,1
9	Sandy podzol illuvial-ferruginous, downslope landscape	<u>1.51</u> 0,38	<u>Crisis</u> UC	1,7	0,6	<u>4.27</u> 5	<u>1.26</u> 1,0	<u>0.54</u> 0,23	+	<u>31.0</u> 32,2
10	Urbanosem actually middle loamy, eluvial landscape	<u>1.30</u> 0,36	<u>Crisis</u> UC	5,9	0,7	<u>3.9</u> 7,6	<u>1.39</u> 1,1	<u>3.75</u> 0,87	+	<u>18.0</u> 26,1
11	Urbanosem actually middle loamy, transite landscape	<u>2.45</u> 3,56	<u>Crisis</u> UC	2,6	0,6	<u>7.4</u> 8,0	<u>1.41</u> 1,1	<u>5.9</u> 29,0	+	<u>33.5</u> 32,8
12	Urban gray typical middle loamy soils, eluvial landscape	<u>0.7</u> 0,24	<u>Risk</u> RC	2,9	0,3	<u>1.23</u> 2,7	<u>0.3</u> 0,1	<u>1.07</u> 0,53	+	<u>44.0</u> 30,2
13	Urban gray typical middle loamy soils, transite landscape	<u>0.68</u> 0,24	<u>Risk</u> RC	2,2	2,0	<u>0.87</u> 2,7	<u>0.29</u> 0,1	<u>0.9</u> 0,33	+	<u>18.3</u> 27,0
14	Urban dark gray typical middle loamy soils, eluvial landscape	<u>0.51</u> 0,29	<u>Risk</u> RC	2	0,9	<u>1.02</u> 1,1	<u>0.27</u> 0,2	<u>1.35</u> 0,5	+	<u>14.2</u> 63,0

Note: C – comfortable; RC – relatively comfortable; UC – uncomfortable.

В ходе исследования установлен высокий размах варьирования доли мобильных форм свинца (7–52,3 %) и кадмия (12,1–79,0 %) относительно ва-

лового содержания данных ТМ в почвах Курска, что связано с генезисом изучаемых почв и пространственной неоднородностью их базовых свойств, а также уровнем техногенного воздействия. Отметим, что наибольшая мобильность ТМ зафиксирована в загрязненных урбаноэмах и урбопочвах, почвах с легким гранулометрическим составом и крайне низким содержанием органического вещества.

Проведенная апробация комплексного индекса экологической комфортности почв Курска в условиях воздействия на экосистемы свинца и кадмия показала следующие результаты (табл. 2).

Экологически комфортными можно считать 42,8 % почв изучаемых ключевых участков Курска ($0,1 < ECI < 0,32$). К условно комфортным относятся 28,6 % почв ключевых участков ($0,51 < ECI < 0,74$). Некомфортная экологическая обстановка зафиксирована на 28,6 % ключевых участках ($1,11 < ECI < 3,56$).

Отметим, что техногенно-преобразованные урбопочвы не относятся к экологически комфортным и условно комфортным ввиду мощного техногенного пресса. Экологически некомфортными также являлись почвы, испытывающие менее значительную антропогенную нагрузку, но обладающие низкой экологической устойчивостью (подзолы песчаные иллювиально-железистые).

ECI почв 4 и 11 участков находился выше диапазона экологической комфортности ($ECI > 0,5$) одновременно по двум исследуемым тяжелым металлам (Pb и Cd), что обусловлено расположением в районе с наиболее мощным воздействием на окружающую среду и значительным сосредоточением источников эмиссии ТМ в окружающую среду.

Экологически комфортными являлись фоновые почвы без значимого антропогенного преобразования, как правило, принадлежащие санитарно-защитным и рекреационным функциональным зонам (участки 2, 3, 5–7).

Заключение

Оценка экологической комфортности почв, подверженных воздействию ТМ, требует детального подхода и должна основываться на отношении суммы показателей воздействия тяжелых металлов на почвенно-растительный покров и почвенную биоту к сумме показателей экологической устойчивости почв к воздействию ТМ и способности почв препятствовать загрязнению ТМ сопредельных территорий. Проведенная апробация комплексного индекса экологической комфортности почв ключевых экосистем Курска показала, что экологически комфортными являются 42,8 % почв рекреационных и санитарно-защитных функциональных зон, 28,6 % почв селитебных зон можно назвать условно комфортными, 28,6 % почв промышленных, селитебных и санитарно-защитных зон признаны экологически некомфортными.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4086.2018.5.

Список литературы

- [1] *Овчинникова Н.Г., Медведков Д.А.* Проблемы перенаселения урбанизированных зон в системе расселения и их влияние на рациональное использование территорий // *Экономика и экология территориальных образований*. 2018. Т. 2. № 3. С. 112–121.
- [2] *Кочуров Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие. М. – Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
- [3] *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учебное пособие. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
- [4] *Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А.* Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москвы). М.: Изд-во Московского ун-та, 2008. 360 с.
- [5] *Nevedrov N.P., Protsenko E.P., Glebova I.V.* The Relationship between Bulk and Mobile Forms of Heavy Metals in Soils of Kursk // *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 1. Pp. 112–119.
- [6] *Водяницкий Ю.Н.* Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // *Почвоведение*. 2012. № 3. С. 368–375.
- [7] *Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В.* Новый метод оценки степени загрязнения почв цинком и свинцом с учетом изменений их концентраций и плотности сложения по профилю почв // *Вестник ОГУ*. 2013. № 10 (159). С. 264–267.
- [8] *Каспрова Ю.А.* Экологически неблагоприятные территории: в поисках оптимальной классификации // *Труды Института государства и права Российской академии наук*. 2013. № 5. С. 107–117.
- [9] *Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. М.: Изд-во РУДН, 2008. 271 с.
- [10] *Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А.* Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // *Почвоведение*. 2011. № 5. С. 611–623.
- [11] *Rossiter D.G.* Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources // *J. Soils Sediments*. 2007. Vol. 7. Pp. 96–100.
- [12] *Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. М.: Ойкумена, 2004. 342 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26.08.2019

Дата принятия к печати: 10.10.2019

Для цитирования:

Неведров Н.П. Оценка экологической комфортности почв городских экосистем при воздействии на них тяжелых металлов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2019. Т. 27. № 3. С. 209–218. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-3-209-218>

Сведения об авторе:

Неведров Николай Петрович – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник НИЛ экомониторинга, Курский государственный университет. ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-1121-0671>, eLIBRARY SPIN-код: 7416-6152. E-mail: 9202635354@mail.ru

Assessment of ecological comfort of soils of urban ecosystems under the influence of heavy metals on them

Nikolay P. Nevedrov

Kursk State University
33 Radishcheva St., Kursk, 305000, Russian Federation

Abstract. Assessment of the ecological state of environmental components in urban areas plays an important role in achieving environmental safety and environmental comfort for human habitation and economic activities. A comprehensive index of ecological comfort of soils polluted by heavy metals is presented and tested. The index is calculated by the ratio of the total impact of heavy metals (HM) on soils, plants, and soil biota to the sum of indicators of environmental sustainability of soils to this effect and the ability of soils to prevent HM pollution in nearby territories. The scale for ecological regulation and ecological comfort of urban ecosystem soils is proposed. It was noted that 42.8% of the soils of the studied key sites located in the sanitary-protective and recreational zones are environmentally comfortable, while 57.2% of the soils of the industrial, residential and sanitary-protective functional zones of the city are not considered to be ecologically comfortable.

Keywords: ecological comfort, soil ecological comfort index, heavy metals, urban soils, ecological sustainability

Acknowledgments. This work was supported by the Grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – Candidates of Sciences MK-4086.2018.5.

References

- [1] Ovchinnikova NG, Medvedkov DA. Problems of overpopulation of urbanized zones in the settlement system and their impact on the rational use of territories. *Jekonomika i jekologija territorial'nyh obrazovanij*. 2018;3(2):112–121.
- [2] Kochurov BI. Ecodiagnostics and balanced development. Moscow, Smolensk, Magenta Publ.; 2003.
- [3] Gerasimova MI, Stroganova MN, Mozharova NV, Prokofeva TV. *Anthropogenous soils: genesis, geography, recultivation*. Smolensk, Ojkumena Publ.; 2003.
- [4] Smagin AV, Shoba SA, Makarov OA. *Ecological assessment of soil resources and technology of their reproduction (on the example of Moscow)*. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ.; 2008.
- [5] Nevedrov NP, Protsenko EP, Glebova IV. The Relationship between Bulk and Mobile Forms of Heavy Metals in Soils of Kursk. *Eurasian Soil Science*. 2018;1(51):112–119.
- [6] Vodyanickij YuN. Standards for the contents of heavy metals and metalloids in soils. *Pochvovedenie*. 2012;3:368–375
- [7] Korchagina KV, Smagin AV, Reshetina TV. New method of assessment of extent of pollution of soils zinc and lead taking into account changes of their concentration and density of addition on a profile of soils. *Vestnik OGU*. 2013;10(159):264–267.
- [8] Kasprova JuA. Ecologically disadvantaged territories: in search of an optimal classification. *Trudy Instituta gosudarstva i prava Rossijskoj akademii nauk*. 2013;5:107–117.

- [9] Kasjanenko AA. *Modern methods of risk assessment in ecology*. Moscow, RUDN University Publ.; 2008.
- [10] Prokofeva TV, Martynenko IA, Ivannikov FA. Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils. *Pochvovedenie*. 2011;5:611–623.
- [11] Rossiter DG. Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources. *J. Soils Sediments*. 2007;7:96–100.
- [12] Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI. *Soil classification and diagnostics in Russia*. Moscow, Ojkumena Publ.; 2004.

Article history:

Received: 26.08.2019

Revised: 10.10.2019

For citation:

Nevedrov NP. Assessment of ecological comfort of soils of urban ecosystems under the influence of heavy metals on them. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(3):209–218. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-3-209-218>

Bio note:

Nikolay P. Nevedrov – Candidate of Biology Sciences, Research Scientist of Scientifically Research Laboratory of Environmental Monitoring, Kursk State University. ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-1121-0671>, eLIBRARY SPIN-code: 7416-6152. E-mail: 9202635354@mail.ru