



ГОРОДСКИЕ ПОЧВЫ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ УРБОЭКОСИСТЕМЫ¹

А.В. Землякова

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет

Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: zemlyakova@bsu.edu.ru

Обоснована значимость городских почв как неотъемлемого компонента интегральной оценки качества земель населенных пунктов. Представлены результаты мониторинга городских почв по комплексу показателей: актуальная кислотность почвенных растворов, содержание органического углерода, содержание карбонатов, валовое содержание макро- и микроэлементов, фитотоксичность, биологическая активность почв, коэффициент радиальной дифференциации, коэффициент относительной концентрации, интегральный оценочный балл.

Ключевые слова: городские почвы, мониторинг земель, тяжелые металлы, качество городской среды, экологическое картографирование.

Введение

Почвы выступают неотъемлемым компонентом городских земель, выполняя определенные фитосанитарные функции в городах. Исследованиям городских почв (урбаноземов) посвящены работы В.Г. Добровольского, М.И. Герасимовой, М.Н. Строгановой, А.С. Курбатовой, В.Н. Башкина, А.П. Сизова и др. Почва представляет собой трехгранный «симбиотический организм», являясь начальным звеном трофической цепи, источником вторичного загрязнения и комплексным показателем экологического состояния городской среды [1, 2].

Несмотря на высокую буферную способность, которой, как правило, обладают почвы, в условиях города это один из самых загрязненных компонентов городской среды. При техногенезе создаются искусственные условия, влияющие на ход протекания природных процессов. Важной проблемой в городах остается запечатывание почвенного покрова, ведущее к утрате его экологических функций.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран город Белгород – административный центр Белгородской области с развитой промышленной индустрией. Застроенные земли в городе составляют 59 % от общей площади. По данным статистики, основными источниками загрязнения атмосферы г. Белгорода являются автомобильный транспорт (около 75 % в общем выбросе загрязняющих веществ (ЗВ)) и промышленные предприятия, основная доля ЗВ которых приходится на выбросы ЗАО «Белгородский цемент», ОАО «Стройматериалы», ОАО «Белгородасбестоцемент», ЗАО «Цитробел», ОАО «Завод ЖБК-1», ЗАО «Энергомаш», ОАО «Белгородский абразивный завод» и др.

С учетом особенностей планировочной структуры города в Белгороде методом случайно-регулярного отбора проб нами было отобрано свыше 100 почвенных образцов. Для оценки качества почв городских земель были использованы следующие показатели: актуальная кислотность почвенных растворов (pH_{H_2O} – потенциометрическим методом); содержание органического углерода в почве (Сорг) методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова; содержание карбонатов ацидиметрическим методом ($CaCO_3$); валовое содержание макро- и микроэлементов относительно предельно-допустимых концентраций (ПДК), фоновых значений; фитотоксичность почв ме-

¹ Работа выполнена в рамках проведения научно-исследовательских работ по направлению «География и гидрология суши» Мероприятия 1.3.1 «Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, ГК № П1327.

тодом проростков тест-растений; биологическая активность почв по скорости разложения целлюлозы; расчетные значения коэффициента радиальной дифференциации (КРД) по И.А. Авессаломовой [3]; установление коэффициентов относительной концентрации по И.П. Гавриловой [4]; вычисление интегрального оценочного балла (В).

Степень опасности загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) оценивали по методу В.И. Титовой и др. [5], преимуществом которого является учет классов опасности загрязнителей. Валовое содержание элементов в почве определено рентгенофлуоресцентным методом на приборе «СПЕТРОСКАН-МАКС-GV» в соответствии с методикой измерения массовой доли металлов и их оксидов в порошковых образцах почв.

В качестве фоновых уровней были использованы данные о почвах, характеризующихся относительным сходством с городскими почвами [6].

Результаты и их обсуждение

Результаты химического анализа почв на содержание в них валовых форм макро- и микроэлементов представлены в таблице.

Таблица

Статистические характеристики качества почв в городе Белгороде

Показатели	Единицы измерения	n	min	max	Среднее (x±t ₀₅ Sx)	E	A	ε	V	P
									%	
Pb	мг/кг	105	8.00	113.56	37.62±4.15	2.52	1.52	0.63	57	95
Zn		105	17.74	488.51	82.82±11.39	22.66	3.94	0.21	71	88
Co		105	0	26.19	10.50±0.97	0.24	0.03	2.04	48	нет
Ni		105	0	57.42	21.19±2.48	-0.14	0.30	2.65	60	2
Cu		105	0	92.59	29.17±3.31	1.28	0.87	0.88	59	81
Sr		105	49.07	224.29	113.32±5.12	2.59	0.92	0.62	23	нет
Mn		105	104.47	630.02	371.41±24.67	-0.94	-0.05	1.03	34	66
V		105	4.49	108.24	55.83±5.36	-1.18	-0.01	0.92	50	нет
MgO		105	0.35	2.16	0.93±0.06	2.62	1.02	0.62	34	36
Al ₂ O ₃	%	105	2.39	11.19	7.06±0.43	-1.08	-0.09	0.96	32	нет
P ₂ O ₅		105	0.07	0.50	0.18±0.02	4.27	1.96	0.48	47	-
K ₂ O		105	0.63	2.22	1.50±0.09	-1.20	-0.19	0.91	30	нет
CaO		105	0.82	8.82	2.85±0.26	4.09	1.52	0.49	48	50
TiO ₂		105	0.17	0.86	0.52±0.03	-1.04	-0.10	0.98	33	нет
Fe ₂ O ₃		105	0.84	4.19	2.48±0.18	-1.24	0.07	0.90	38	нет
C _{орг}		107	0.50	4.25	2.06±0.14	0.30	0.35	1.84	35	нет
CaCO ₃		106	0	37.02	9.83±1.86	1.14	1.37	0.94	98	-
pH _{H₂O}		pX	107	7.32	8.95	8.07±0.04	3.27	-0.19	0.55	3

Примечания: E – коэффициент эксцесса; A – коэффициент асимметрии; ε – коэффициент контр-эксцесса; V – коэффициент вариации, %; P – частота превышений относительно фона, %.

По данным химико-аналитических исследований с помощью геоинформационных систем [7] были построены картограммы распределения pH, ТМ, C_{орг}, CaCO₃.

На территории г. Белгорода подщелачивание почв имеет техногенный характер, что связано с выпадением карбонатной щелочной пыли, применением антигололедных реагентов. В свою очередь, увеличение реакции среды в щелочную сторону способствует формированию отрицательного кумулятивного эффекта загрязнения, главным источником которого выступает ЗАО «Белгородский цемент». Наряду с повсеместно распространенной щелочностью почв (около 62 % территории: северо-западная и юго-восточная части города, участки вдоль дорог, испытывающих высокую транспортную нагрузку – ул. Губкина, просп. Ватутина) можно выделить зоны со слабощелочной реакцией среды (pH = 7.0-7.5), куда относятся локальные участки в районе Харьковской горы, северо-восточной зоне города (Ячнево).



В среднем урбаноземы г. Белгорода содержат 2.1 % органического углерода, 3-4% отмечаются на границе с пригородной зоной (юго-западная часть города), в районе Старого города, в северной части Белгорода (локальные участки дворовых территорий жилых зон с достаточной высокой степенью озеленения).

Содержание карбонатов в почвах значительно варьирует в пространстве. По гистограмме распределения CaCO_3 обнаружено, что преобладают значения ниже среднего коэффициента асимметрии, что указывает на доминирование фоновых значений в городе (0-10 %), вместе с тем имеются участки с повышенным содержанием карбонатов (более 1/3 участков обследования).

Области высоких значений (26-28%) в основном доминируют в северо-восточной части города и в районе расположения карьера предприятия ЗАО «Белгородский цемент», приуроченные к зонам аккумуляции, в рельефе выражены понижениями. Более низкие значения карбонатов наблюдаются на возвышенных участках местности, принадлежащих к зонам рассеяния (районы Харьковской горы и «Старого города», возвышенная часть левобережья, Гриневки, Сокола) – 6-12%.

По результатам химического анализа почв г. Белгорода выявлено, что существует значительное варьирование значений по Pb , Cu , Ni , Zn , CaCO_3 ($V = 57: 59: 60: 71: 98$ %, соответственно), что позволяет высказать предположение о неоднородности условий городской среды для проживания населения.

В целом, концентрации ТМ в городских почвах не превышают ПДК, за исключением Pb (1.2 ПДК). Отмечены превышения относительно фоновое уровня по Pb , Cu , Zn , Mn – в 3.2; 2.7; 2.1; 1.4 раза, соответственно. Содержание оксидов близко к фону.

Дендрограмма кластерного анализа, выполненная в программе STATISTICA (рис. 1), позволила установить, что повышенный уровень содержания ТМ характерен для почв районов многоэтажной городской застройки. Районы частного сектора характеризуются преимущественно фоновым загрязнением.

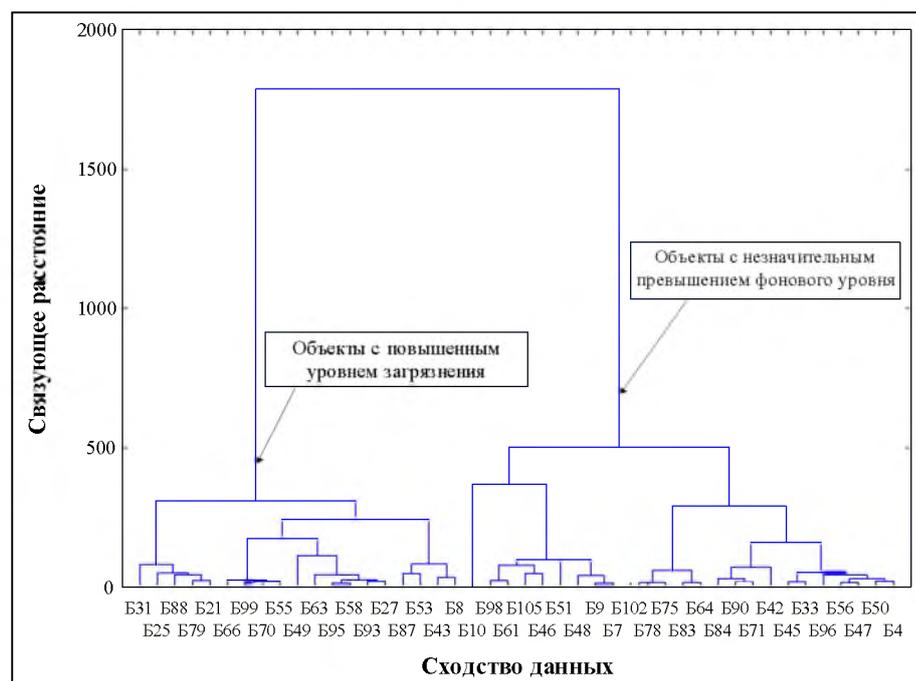


Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа уровня загрязнения почв города Белгорода ТМ

По данным КРД определено, что на территории г. Белгорода имеет место техногенный привнос элементов атмосферными выпадениями ($\text{КРД}_{\text{ср}} = 2.09 \pm 0.85$). По степени накопления ТМ в почвах г. Белгорода их можно расположить в следующий ряд (в порядке убывания): $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn}$.

Проведенный расчет коэффициента относительной концентрации показал, что в почвах г. Белгорода содержание таких элементов как Co , Ni , Cu , Sr , Ca близко к местному фону ($\text{K}_0 = 0.6-1.5$). Концентрации Pb , Zn соответствует локальному распреде-

лению элементов, также происходит их рассеивание ($K_0 = 0.5-1.0$). Кроме того, имеет место накопление выше указанных элементов, что, вероятно, связано с особенностями подстилающей поверхности и катенарным перераспределением элементов.

Результаты обработки полученных сведений о фитотоксичности почв и скорости разложения целлюлозы (V_{dc}) для почв г. Белгорода, представлены на рис. 2.

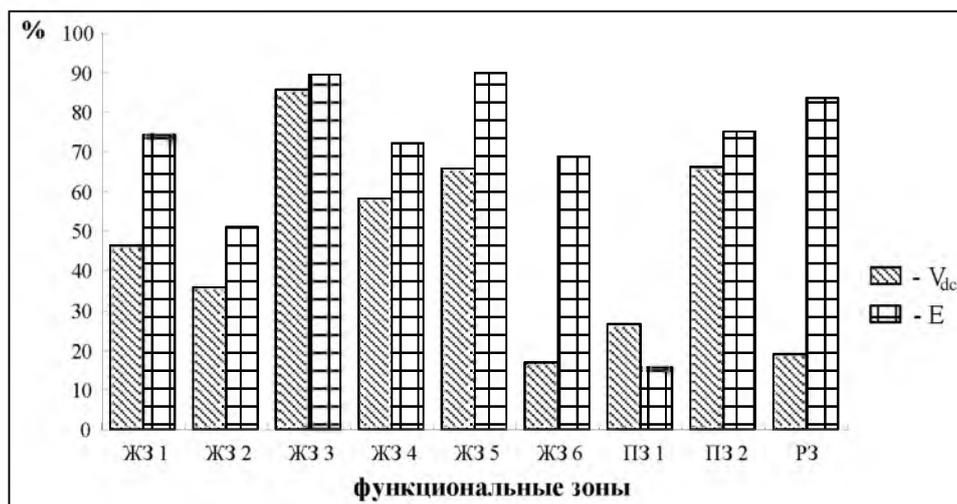


Рис. 2. Диаграмма распределения значений скорости разложения целлюлозы (V_{dc}) и энергии прорастания (E) тест-растений по функциональным зонам г. Белгорода: ЖЗ 1-ЖЗ 6 – жилые зоны, ПЗ 1, ПЗ 2 – производственные, РЗ – рекреационная

Выявлено, что активность целлюлозоразрушающих организмов изменяется от условий дальности переноса ЗВ и обеспеченности жилых зон зелеными насаждениями. Существует средняя корреляционная связь между скоростью разложения целлюлозы и суммарным коэффициентом концентрации ТМ (-0,51).

Установлено, что на территориях производственной зоны (ПЗ 1) и жилой частной застройки (ЖЗ 6) процесс разложения целлюлозы микроорганизмами довольно низкий. Это связано с негативным воздействием на биотическую составляющую городских почв выбросов от предприятий, размещенных вблизи исследуемых участков (северо-западный промышленный район Белгорода).

На территории жилой застройки, расположенной в северо-западной части города, отмечена низкая активность микроорганизмов, что объясняется воздействием находящегося в данном районе основного промышленного узла (предприятия стройиндустрии). В жилой зоне, расположенной в южной части Белгорода (район Харьковской горы – ЖЗ 4, 5), наблюдается достаточно активный процесс разрушения ткани микроорганизмами, что свидетельствует об их многочисленности.

Результаты мониторинга выбросов ЗВ предприятиями в северо-западной части г. Белгорода, проводимого сотрудниками Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов БелГУ с 2004 г. с помощью лидарного комплекса, подтверждают, что основная доля ЗВ приходится на территорию промышленной площадки ЗАО «Белцемент».

В жилом районе развивающегося строительства, расположенном на значительном удалении от крупных промышленных источников (пос. Дубовое), зафиксирован самый высокий процент скорости разложения ткани (84 % – ЖЗ 3), что позволяет нам отнести данную территорию в категорию фоновых (или экологически безопасных). Оценка качества почв рекреационной зоны (РЗ) центрального городского парка им. В.И. Ленина, показала, что состояние почв – условно удовлетворительное ($V_{dc} = 19\%$). Содержание Pb в пробе превышает в 2.1 раза фоновый уровень, Cu – в 6.1 раза.

Анализ фитотоксичности почв показывает, что в целом для исследованных зон характерна аналогичная ситуация в сравнении с результатами по скорости разложения целлюлозы. Тем не менее, отобранные пробы почв в ЖЗ 6 и РЗ имеют высокие



значения по энергии прорастания семян (68 и 75 %, соответственно), что, вероятно, можно объяснить такой концентрацией ЗВ, в результате которой происходит стимуляция роста растений.

Картограмма экологического зонирования городских земель Белгорода по данным интегрального показателя техногенного загрязнения (рис. 3) позволила определить, что незагрязненными являются почвы, находящиеся в северо-восточной части города (район Старого города). Необходимо выделить имеющиеся относительно чистые в экологическом отношении районы юго-восточной окраины Белгорода (перспективный район развития города, выделен под индивидуальное жилищное строительство).

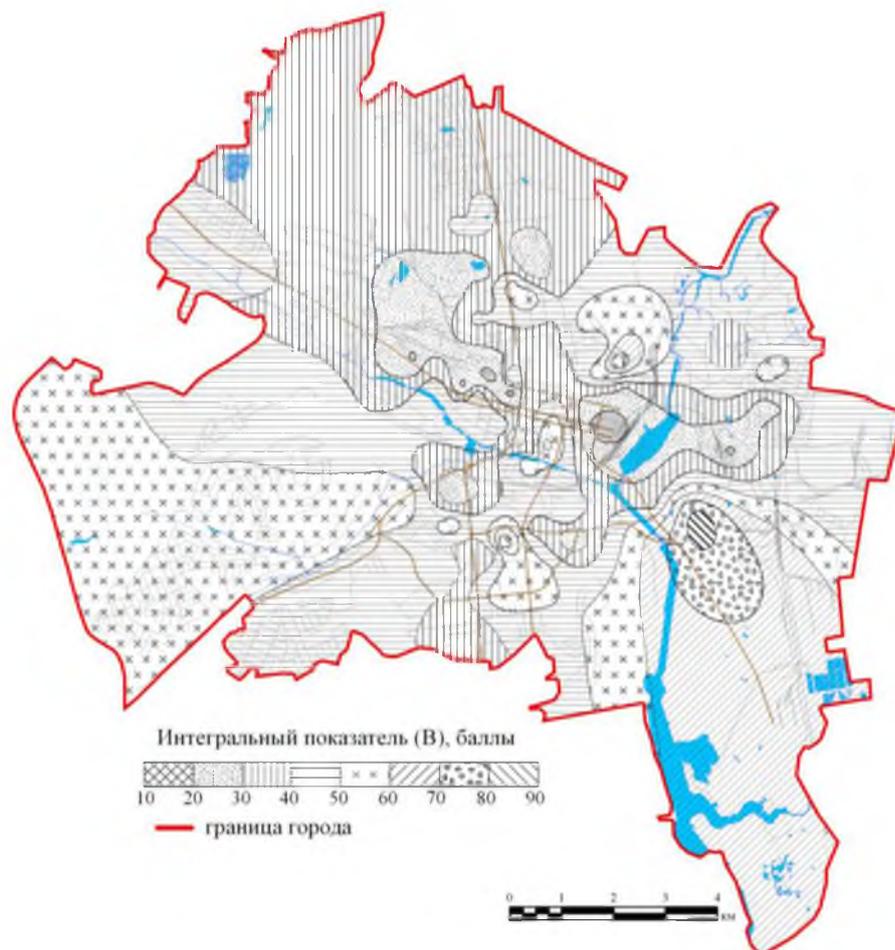


Рис. 3. Распределение интегрального показателя техногенного загрязнения городских почв г. Белгорода

Отмечаются также небольшие ареалы незагрязненных почв в парке Победы (нижний парк, расположенный у р. Везелка), в районе Харьковской горы внутри жилых дворовых территорий. В целом для Белгорода состояние урбаноземов можно охарактеризовать как относительно удовлетворительное.

Крайне неблагоприятное состояние почв можно наблюдать в крупных промышленных зонах города, а также вокруг автомагистралей – основных транспортных артерий города. Пробки в часы пик не могли не сказаться на ухудшении качества городских почв. На примере одной из главных развязок города по просп. Б. Хмельницкого, соединяющей центр города с Харьковской горой можно наблюдать ухудшение состояния почв в пределах данной зоны (интегральный показатель техногенного загрязнения варьирует в пределах от 20 до 40 баллов).

Выводы

Городские почвы, обладая геопротекторными функциями, представляют собой неотъемлемый компонент интегральной оценки качества земель населенных пунктов, их запечатывание приводит к усилению негативных процессов в урбоэкосистемах.

Анализ картограмм пространственного распределения ТМ в урбаноземах Белгорода, значительно превышающих фоновый уровень, показал, что на территории города существуют два основных стационарных источника загрязнений – крупные промышленные узлы, сосредоточенные в северо-западном и восточном районах города. Это подтверждается также полученными результатами по кислотности почв и карбонатам.

Проведенные эксперименты оценки состояния городских почв по биологическим показателям подтвердили снижение экологических функций почв в районах негативного воздействия на городские земли выбросов промышленных предприятий и автотранспорта.

Оценка фитотоксичности почв, полученная методом проростков тест-растений, на разных стадиях техногенного изменения городских земель служит чувствительным регистрирующим откликом, в то время как аналитические методы исследования эффективны при достижении пороговых значений концентрации ЗВ. Достаточно высокая информативность биологических методов оценки подтверждается выявленной зависимостью: установлена средняя корреляционная связь на 95%-ном уровне вероятности между фитотоксичностью почв и ее биологической активностью ($r_s = 0.50 \pm 0.78$).

Снижение общей техногенной нагрузки на городские земли, расположенные в зоне воздействия промышленных предприятий, должно быть проведено путем специальных управленческих мер, направленных на минимизацию выбросов ЗВ от потенциальных источников.

Список литературы

1. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров г. Воронежа и его экологические функции // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. – Воронеж, 1996. – С. 94-97.
2. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Биоэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами // Научная мысль Кавказа. – 2000. – № 4. – С. 31-39.
3. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 108 с.
4. Гаврилова И.П. Ландшафтно-геохимическое картографирование. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 149 с.
5. Титова В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В. Некоторые подходы к экологической оценке загрязнения земельных угодий // Почвоведение. – 2004. – № 10. – С. 1264-1267.
6. Красная книга почв Белгородской области / В.Д. Соловиченко, С.В. Лукин, Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голеусов. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 139 с.
7. Лисецкий Ф.Н., Свиридова А.В., Соловьев В.И. Использование геоинформационных технологий для экологического мониторинга городских земель // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 8. – С. 12-17.

URBAN SOIL AS AN INTEGRAL COMPONENT OF URBAN ECOSYSTEMS

A.V. Zemlyakova

*Belgorod State National Research University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia
E-mail: zemlyakova@bsu.edu.ru*

The significance of urban soils as an integral component of an integrated assessment of the quality of land settlements is substantiated. The results of monitoring of urban soils for a number of indicators: actual acidity of soil solutions, organic carbon content, carbonate content, total content of macro- and micronutrients, phytotoxicity, soil biological activity, the coefficient of radial differentiation, the coefficient of relative concentration, the integrated assessment score are presented.

Key words: urban soils, land monitoring, heavy metals, the quality of urban environment, ecological mapping.