



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.2.8>

УДК 504.05

ББК 20.1(2Рос)

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Середа Людмила Олеговна

Аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды,
Воронежский государственный университет
ivlud@yandex.ru
Университетская пл., 1, 394006 г. Воронеж, Российская Федерация

Яблонских Лидия Александровна

Доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и земельных ресурсов,
Воронежский государственный университет
lidij-jblonskikh@yandex.ru
Университетская пл., 1, 394006 г. Воронеж, Российская Федерация

Куролап Семен Александрович

Доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды,
Воронежский государственный университет
skurolap@mail.ru
Университетская пл., 1, 394006 г. Воронеж, Российская Федерация

Аннотация. Почвенный покров г. Воронежа является одним из важнейших аккумуляторов загрязняющих веществ, а также индикатором очагов техногенного загрязнения. Из-за высокого темпа строительных работ, функционирования и развития инфраструктуры города происходит нарушение почвенного покрова. В статье представлены основные результаты эколого-геохимического исследования почвенного покрова г. Воронежа, его характеристика, свойства горизонтов различных типов почв. По результатам работы составлена обзорная почвенная карта г. Воронежа. Нами отмечены некоторые тенденции накопления загрязняющих веществ в почвенном покрове в зависимости от функционально-планировочных условий города. Так, накопление цинка происходит в почвах с щелочной реакцией почвенной среды и низким содержанием гумуса. Наиболее низкие концентрации свинца отмечаются в слабокислых почвах в зоне рекреации.

Ключевые слова: почвенный покров, геохимическая оценка, урбаноземы, почва, тяжелые металлы, нефтепродукты, гумус, функциональная зона.

Из-за высокого уровня антропогенной нагрузки на почвенный покров урбанизированных территорий эколого-геохимическая оценка почв города становится одной из актуальных задач для мониторинга городской среды [10; 12]. Нефтепродукты и тяжелые металлы являются ха-

рактерными загрязняющими веществами развитых городов. Они сохраняются в почве многие годы, представляют угрозу для населения и городской биоты, а также являются индикаторами промышленно-транспортного загрязнения городской среды за длительный период [5; 8; 9].

Многочисленные строительные работы, развитие и функционирование городской инфраструктуры, кислотные осадки способствуют нарушению почвенного покрова г. Воронежа. Для оценки состояния почвенного покрова нами были проведены эколого-геохимические исследования на территории города. Согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 [3; 4] было отобрано 75 образцов почв: 20 точек в жилой зоне (в том числе 7 – в центральной исторической части города, 6 – в кварталах с современной многоэтажной застройкой и 7 – в частном секторе (преимущественно одноэтажная застройка), 18 точек в промышленной зоне, 14 точек в зоне рекреации, 17 точек – в транспортной зоне. Было выбрано 6 фоновых точек – на территории п. г. т. Рамонь, СТ «Северный бор» и санатория им. Горького – с естественным ненарушенным почвенным горизонтом. Точки отбора образцов почв отмечены на рисунке 1.

На базе эколого-аналитической лаборатории факультета географии и геоэкологии Воронежского государственного университета были проведены специальные исследования почвенных образцов с применением следующих методов анализа: для определения тя-

желых металлов – вольтамперометрический метод исследования (на анализаторе ТА-4); нефтепродуктов – метод хлороформ-гексановой экстракции; содержания гумуса – метод И.В. Тюрина, актуальной кислотности – потенциометрический, методы биотестирования [по проросткам растений-индикаторов: кресс-салат (*Lepidium sativum*) и овес посевной (*Avena sativa*), определение фитотоксического эффекта].

Для анализа эколого-геохимической ситуации в городе нами была составлена обзорная карта почвенного покрова на основе классификации городских почв Г.В. Добровольского [8] (см. рис. 2). Эта классификация была разработана для почв городов средней полосы России. При составлении картосхемы учитывались следующие факторы: рельеф города, показатели состояния почвенного покрова (гранулометрический состав, содержание органического углерода, кислотность, содержание тяжелых металлов и др.), уровень техногенной нагрузки, характер застройки, промышленно-транспортная и социальная инфраструктура.

Для г. Воронежа характерен контрастный рельеф: правобережная часть города распо-



Рис. 1. Точки отбора образцов почвы на территории города

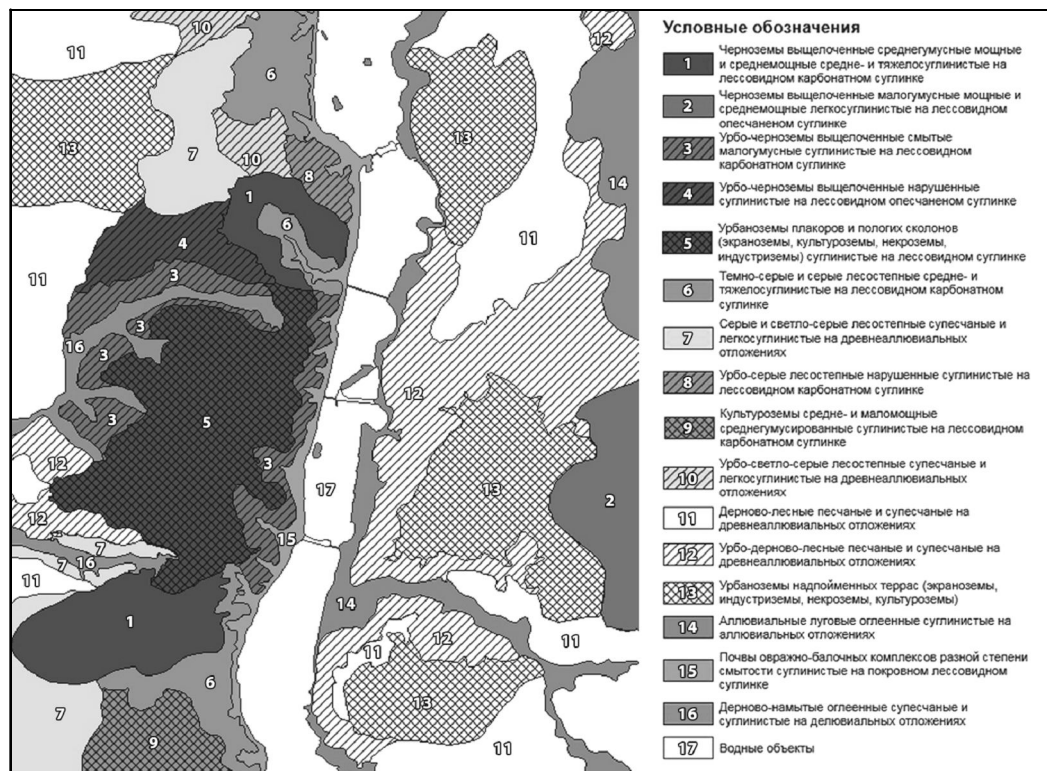


Рис. 2. Обзорная почвенная карта города Воронежа

лагается на холмистом плато с абсолютными отметками от 100 до 160 м, а левобережная – в пониженной плоскоравнинной местности, которая постепенно переходит в речную террасу [2]. Такое расположение города способствовало формированию разных типов почв, которые испытывают различный уровень техногенной нагрузки. По гранулометрическому составу они также неоднородны – от песков и супесей (в основном на левом берегу) до тяжелых суглинков (в правобережной, более возвышенной части города).

Почвенный покров города нами был условно разделен на естественные ненарушенные, естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные (естественные нарушенные) и антропогенные глубокопреобразованные урбаноземы.

В почвенном покрове г. Воронежа преобладают урбаноземы. Они образуют крупные ареалы в промышленной и транспортных зонах города. Для правобережной части города с интенсивной застройкой и высоким уровнем техногенной нагрузки свойственны урбаноземы плакоров и суглинистых пологих склонов. В эту группу почв можно отнести: а) индустриземы – почвы промышленно-ком-

мунальных зон (ОАО «Электросигнал», ОАО «Завод по выпуску тяжелых механических прессов» и др.); б) культуроземы – почвы парковых зон (Кольцовский сквер, парк «Орленок» и др.); в) экраноземы – экранированные почвы, формирующиеся городскими магистралями под асфальтобетонным покрытием (наиболее «загрязненные» улицы: Московский проспект, ул. Плехановская, проспект Труда, Кольцовская и др.); г) интруземы (территории заправочных станций и автомобильных стоянок); д) реплантоземы – почвы сельтерриторий.

На территории левого берега в основном распространены дерново-лесные песчаные и супесчаные почвы надпойменных террас, которые залегают вместе с их антропогенно-преобразованными аналогами в промышленной зоне (ОАО «ВАСО», ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ-1, ОАО ХК «Мебель Черноземья» и др.).

Лишь небольшая часть площади города занята почвами, слабо затронутыми антропогенной деятельностью, в основном под городскими лесами и лесопарковыми зонами в черте города (участки Шиловского леса, Правобережное лесничество УОЛ ВГЛТА, Цент-

ральный парк культуры и отдыха «Динамо», Ботанический сад ВГУ и др.).

Оценка состояния почвенного покрова города проведена нами с учетом природных особенностей и функционально-планировочной структуры города. Исследования содержания гумуса в образцах показали, что значительная часть городских почв относится к малогумусным (рис. 3). Почвы с более высоким количеством гумуса залегают в рекреационной и жилой зонах: парк «Орленок» (4,3–4,5 %), частный сектор в Советском и Левобережном районах (4,5–5,0 %). Нами отмечено, что высокое содержание гумуса обнаруживается и в почвах промышленной зоны: ул. Кривошеина, 11 (6,5 %), ул. Дорожная, 15 (9,5 %), ул. Волгоградская, 48 (6,1 %) и др.

Результаты исследования актуальной кислотности показали изменение реакции среды от слабокислой до слабощелочной. Для урбаноземов в промышленной и транспортной зонах города свойственны более высокие показатели актуальной кислотности, чем для почв в рекреационной и жилой зонах (рис. 4).

Подщелачивание городских почв обусловлено поступающей пылью с автомагистралей, использованием противогололедных реагентов в зимний период.

В задачи нашей работы также входило определить в поверхностном слое городских почв валовое содержание и подвижные формы тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка, марганца). Анализ загрязнения показал следующее: наиболее распространенными тяжелыми металлами являются свинец и цинк. Высокие уровни загрязнения отмечены в ряде точек в промышленных и транспортных зонах города (перекресток Московского проспекта и ул. Хользунова, ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко, ул. Димитрова – ул. Волгоградская, ул. Богдана Хмельницкого, 35 и др.). Это обусловлено большим количеством автотранспорта, увеличивающимся с каждым годом, а также промышленными выбросами с заводов города. Наименьшее загрязнение почвы тяжелыми металлами отмечается преимущественно в спальных микрорайонах, удаленных от промышленных объектов и крупных автодорог.

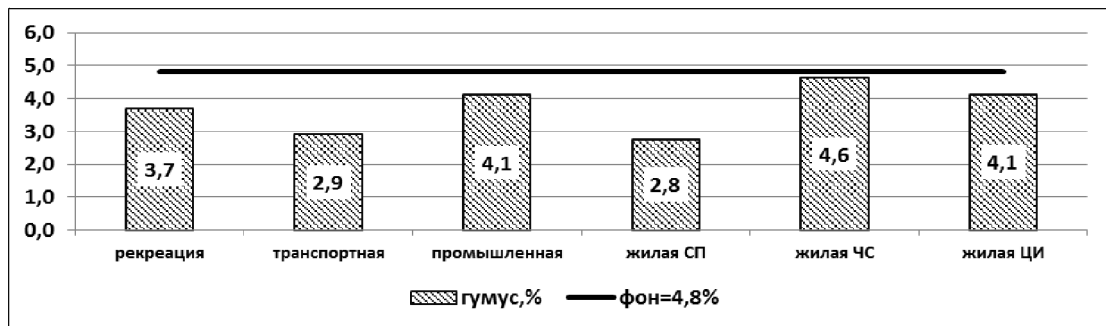


Рис. 3. Среднее содержание гумуса (%) по функциональным зонам г. Воронежа: Здесь и далее в рис. 4, 5: СП – современная многоэтажная застройка, ЧС – частный сектор, ЦИ – смешанная застройка центральной исторической части города

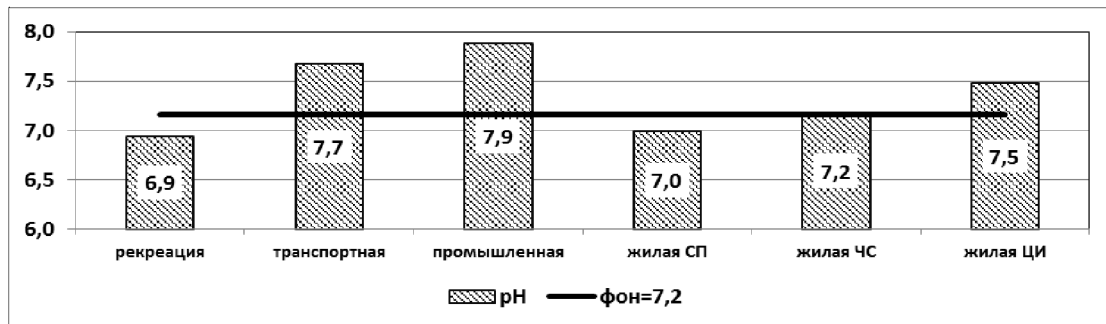


Рис. 4. Среднее значение актуальной кислотности по функциональным зонам г. Воронежа

Нами отмечены некоторые тенденции накопления тяжелых металлов в почвах города. Например, накопление цинка происходит в почвах с щелочной реакцией почвенной среды и низким содержанием гумуса: ул. Саврасова – ул. Заслонова, Московский проспект – ул. Хользунова и др. Низкие концентрации свинца отмечаются в слабокислых почвах в зоне рекреации: парк «Алые паруса», СОК «Олимпик», а более высокие концентрации – в щелочных почвах: ул. Димитрова – ул. Волгоградская, ул. Ильюшина, 126 и др. (см. табл. 1).

Проанализировав загрязнение почвенного покрова г. Воронежа нефтепродуктами, мы отметили, что наибольшие концентрации наблюдаются вблизи наиболее интенсивных по

грузопотокам перекрестков города и в зонах промышленного влияния: ул. Ильюшина, 126 (1 916,7 мг/кг), ул. Димитрова – ул. Волгоградская (1 673,3 мг/кг), Московский проспект – ул. Хользунова (1 240,0 мг/кг) и др. В рекреационной зоне и центральной исторической части города отмечены минимальные уровни загрязнения (рис. 5). Проведенные ранее исследования указывают, что в почве транспортных зон г. Воронежа отмечается превышение ОДК (ориентировочно-допустимые концентрации) (300 мг/кг) по нефтепродуктам (в 3 раза), особенно в левобережной части города [7].

Наиболее низкие концентрации (менее 200 мг/кг) нефтепродуктов отмечены в зонах

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в некоторых мониторинговых точках

№ пункта	Пункт мониторинга	Функциональная зона	Концентрация ЗВ (мг/кг)
Свинец (валовое содержание)			
14	ул. Богдана Хмельницкого, 35	промышленная	42,1
7	ул. Димитрова – ул. Волгоградская	транспортная	58,3
55	ул. Маршала Одинцова, 11	рекреация	0,9
Цинк (валовое содержание)			
14	ул. Богдана Хмельницкого, 35	промышленная	131,0
24	Московский проспект – ул. Хользунова	транспортная	119,0
4	парк Авиастроителей (ул. Полины Осипенко)	рекреация	2,5
Медь (подвижная форма)			
42	ул. Ворошилова, 30	жилая ЦИ	4,2
14	ул. Богдана Хмельницкого, 35	промышленная	12,0
17	СОК «Олимпик»	рекреация	0,0
Марганец (подвижная форма)			
47	ул. Саврасова – ул. Заслонова	транспортная	1 712,0
13	ул. Землячки, 1	промышленная	825,0
17	СОК «Олимпик»	рекреация	78,8

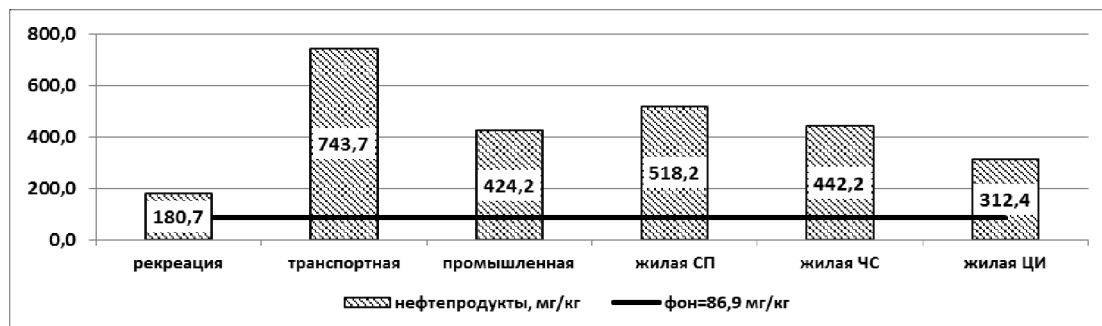


Рис. 5. Среднее содержание нефтепродуктов (мг/кг) по функциональным зонам г. Воронежа

рекреации города: парке «Алые паруса» (166,7 мг/кг), парке «Дельфин» (170,0 мг/кг), ул. Дарвина (120,0 мг/кг) и др.

Анализ загрязненности почвы с помощью биотеста на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum*) и овса посевного (*Avena sativa*) показал следующее: для почв в промышленной зоне города характерен высокий уровень фитотоксичности. Качественными показателями морфологических изменений тест-растений под влиянием загрязнения почвы являлись энергия прорастания, всхожесть семян, длина корешка, высота растений, общая биомасса (табл. 2).

Высокая всхожесть и хорошее развитие проростков овса и кресс-салата позволяют сделать вывод, что почвы, залегающие в зоне рекреации и фоновых точках, не подвергаются загрязнению. В образцах почв промышленной и транспортной зон города уменьшилась длина корневой системы, проростки стали более тонкие и короткие. Сильное техногенное загрязнение привело к резкому снижению таких качественных показателей тест-объектов, как энергия прорастания, всхожесть, рост и развитие проростков. Более чувствительным тест-растением оказался овес, напротив, кресс-салат оказался более вынослив, так как наблюдалась хорошая всхожесть семян.

Высокий уровень загрязнения почвенного покрова в транспортной зоне возникает из-за большого количества заторов и пробок на дорогах города, которые связаны с увеличивающимся количеством автотранспорта и

малоэффективной дорожно-транспортной сетью города (отсутствием дублирующих автомобильных дорог, транспортных развязок), дефицитом парковочных мест, что подтверждает ранее проведенные исследования [1; 11].

Для предотвращения негативных последствий влияния антропогенной деятельности необходим постоянный почвенный мониторинг, который позволит своевременно выявить изменения состояния почв города, оценить эти изменения, а также осуществить прогноз и выработку рекомендаций о предупреждении и об устранении последствий техногенного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска / С. А. Куролап [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2010. – 207 с.
2. Воронеж: экономико-географическое исследование / Г. Т. Гришин [и др.]. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1986. – 224 с.
3. ГОСТ 17.4.3.01–83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 01.07.84. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 29 с.
4. ГОСТ 17.4.4.02–84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. Введ. 1984-12-19. – М. : Госстандарт, 1984. – 20 с.
5. Добровольский, Г. В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – 2-е изд., уточн. и доп. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. – 412 с.
6. Иванова, Л. О. Оценка загрязнения почвенного покрова города / Л. О. Иванова, В. В. Синегу-

Таблица 2

Изменение морфологических показателей тест-растений в разных функциональных зонах города

Функциональная зона	Энергия прорастания, %		Всхожесть, %		Длина главного корня, см		Длина проростка, см		Биомасса, г	
	овес	кресс-салат	овес	кресс-салат	овес	кресс-салат	овес	кресс-салат	овес	кресс-салат
Рекреация	14,29	33,57	82,14	85,71	7,4	6,4	10,8	8,1	0,77	0,10
Фон	6,67	45,00	100,00	100,00	8,2	7,7	12,0	8,0	0,85	0,10
Транспортная	22,35	47,06	55,29	77,65	6,3	3,5	8,2	5,9	0,27	0,06
Промышленная	10,00	48,89	51,67	73,89	6,1	3,4	9,1	5,4	0,26	0,05
Жилая СП	23,33	38,33	56,67	78,33	6,0	4,0	10,3	6,5	0,50	0,06
Жилая ЧС	4,29	50,00	61,43	71,43	8,0	4,9	10,29	6,00	0,52	0,04
Жилая ЦИ	4,29	34,29	57,78	82,86	6,71	4,57	8,14	6,71	0,40	0,06

бова // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды / под ред. С. А. Куролапа, О. В. Клепикова. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2014. – С. 124–125.

7. Назаренко, Н. Н. Биоиндикация почвы транспортных зон г. Воронежа / Н. Н. Назаренко, И. И. Корещкая, И. Д. Свистова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». – 2015. – № 1. – С. 46–50.

8. Почва, город, экология / под ред. Г. В. Добровольского. – М. : Фонд за экономическую грамотность, 1997. – 320 с.

9. Саэт, Ю. Е. Город как техногенный субрегион атмосферы / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Р. С. Смирнова // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. – М. : Наука, 1985. – С. 133–165.

10. Эколого-биологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / под ред. С. И. Колесникова, К. Ш. Казеева, В. Ф. Валькова. – Ростов н/Д : Росиздат, 2006. – 385 с.

11. Comparative soil sampling in the Dornach site (Switzerland) for soil three-dimensional pollution description / S. P. Theocharopoulos [et al.] // The science of the total environment. – 2001. – № 1–2. – P. 63–72.

12. European soil sampling guidelines for soil pollution studies / S. P. Theocharopoulos [et al.] // The science of the total environment. – 2001. – № 1–2. – P. 51–62.

REFERENCES

1. Kurolap S.A., et al. *Voronezh: sreda obitaniya i zony ekologicheskogo riska* [Voronezh: Habitat and Zones of Ecological Risk]. Voronezh, Istoki Publ., 2010. 207 p.

2. Grishin G.T., et al. *Voronezh: ekonomiko-geograficheskoe issledovanie* [Voronezh: Economical and Geographical Study]. Voronezh, Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 1986. 224 p.

3. *GOST 17.4.3.01–83. Okhrana prirody: pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob. Vved. 01.07.84* [GOST 17.4.3.01–83. Nature Conservation: the Soil. General Requirements for Sampling. Introd. of July 1, 1984]. Moscow, Izd-vo standartov, 1984. 29 p.

4. *GOST 17.4.4.02–84. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo i gelmintologicheskogo analiza. Vved. 1984-12-19* [GOST 17.4.4.02-84. Soil. Methods of Sampling and Preparation of Samples for Chemical, Bacteriological and Helminthological Analysis. Introd. of December 19, 1984]. Moscow, Gosstandart Publ., 1984. 20 p.

5. Dobrovolskiy G.V., Nikitin E.D. *Ekologiya pochv. Uchenie ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv* [Ecology of Soils. The Doctrine of the Ecological Functions of Soil]. 2nd ed. Moscow, Izd-vo MGU, 2012. 412 p.

6. Ivanova L.O., Sinegubova V.V. *Otsenka zagryazneniya pochvennogo pokrova goroda* [Evaluation of Soil Pollution of the City]. Kurolap S.A., Klepikov O.V., eds. *Ekologicheskaya otsenka i kartografirovaniye sostoyaniya gorodskoy sredy* [Environmental Assessment and Mapping of Urban Environment]. Voronezh, Tsifrovaya poligrafiya Publ., 2014, pp. 124–125.

7. Nazarenko N.N., Koretskaya I.I., Svistova I.D. *Bioindikatsiya pochvy transportnykh zon g. Voronezha* [Bioindication of Soil Transport Zones of Voronezh]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Geografiya. Geoekologiya"*, 2015, no. 1, pp. 46–50.

8. Dobrovolskiy G.V., ed. *Pochva, gorod, ekologiya* [Soil, City, Ecology]. Moscow, Fond za ekonomicheskuyu gramotnost Publ., 1997. 320 p.

9. Saet Yu.E., Revich B.A., Smirnova R.S. *Gorod kak tekhnogenny subregion atmosfery* [City as a Man-Made Sub-Region of the Atmosphere]. *Biogeo-khimicheskoe rayonirovaniye i geokhimicheskaya ekologiya* [Biogeochemical Zonation and Geochemical Ecology]. Moscow, Nauka Publ., 1985, pp. 133–165.

10. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F., ed. *Ekologo-biologicheskoe sostoyanie i funktsii pochv v usloviyakh khimicheskogo zagryazneniya* [Ecological and Biological Status and Functions of Soils in the Conditions of Chemical Contamination]. Rostov-on-Don, Rosizdat Publ., 2006. 385 p.

11. Theocharopoulos S.P., et al. Comparative Soil Sampling in the Dornach Site (Switzerland) for Soil Three-Dimensional Pollution Description. *The Science of the Total Environment*, 2001, no. 1–2, pp. 63–72.

12. Theocharopoulos S.P., et al. European Soil Sampling Guidelines for Soil Pollution Studies. *The Science of the Total Environment*, 2001, no. 1–2, pp. 51–62.

**MONITORING OF ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE
OF THE SOIL COVER IN THE CITY OF VORONEZH**

Sereda Lyudmila Olegovna

Postgraduate Student, Department of Geoecology and Environmental Monitoring,
Voronezh State University
ivlud@yandex.ru
Universitetskaya Square, 1, 394006 Voronezh, Russian Federation

Yablonskikh Lidiya Aleksandrovna

Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Environment and Land Resources,
Voronezh State University
lidij-jblonskikh@yandex.ru
Universitetskaya Square, 1, 394006 Voronezh, Russian Federation

Kurolap Semen Aleksandrovich

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Head of Department of Geoecology and Environmental Monitoring,
Voronezh State University
skurolap@mail.ru
Universitetskaya Square, 1, 394006 Voronezh, Russian Federation

Abstract. Soil cover in the city of Voronezh accumulates a lot of pollutants and indicates the centers of technological pollution. The high rates of housing construction, functioning and development of urban infrastructure cause infringement to the soil cover. The paper contains main results of an ecological and geochemical research of the soil cover in Voronezh, its characteristics, properties of the horizons of the different types of soils.

During spring and summer of 2014 75 samples of soil were collected in special points of monitoring (according to GOST 17.4.3.01-83 and GOST 17.4.4.02-84). During the research the following methods were applied – volt-ampometric method was used for detecting the concentration of heavy metals, the method of cholophorm-hexan extraction – for petrochemicals, the method of I.V. Tyurin – for humus concentration, potentiometric method and biotesting methods (analysis of seedlings of the following indicating plants – *Lepidium sativum*, *Avena sativa*, as well as defining the phytotoxic effect) – for actual acidity detection.

The obtained results are used for creating an overview soil map of Voronezh. Urbozems are dominating in the soil cover of Voronezh. There are large areas of them in the majority of the city districts. A smaller part of a total urban area is presented by soils, which are slightly touched by human economic activity. Urban soils of industrial and transport city zones have disadvantageous properties – low rate of humus and alkali reaction of soil environment, high rate of pollution by petrochemicals and heavy metals.

The least rate of pollution of a soil cover by heavy metals is detected in residential areas, situated far from industrial objects and highways.

We have detected dependence between accumulation of polluting substances in soil cover and functional and planning peculiarities of the city. For example, accumulation of zinc takes place in soils with alkali reaction of soil and low concentration of humus. The lowest rates are indicated in low-acid soils in recreational zones.

Key words: soil cover, geochemical assessment, urbozems, soil, heavy metals, petrochemicals, functional area.