

Т 60 (5)	ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. Серия «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»	2017
V 60 (5)	IZVESTIYA VYSSHIKH UCHEBNYKH ZAVEDENIY KHIMIYA KHIMICHESKAYA TEKHOLOGIYA RUSSIAN JOURNAL OF CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY	2017

DOI: 10.6060/tcct.2017605.5565

УДК: 54.061 + 502.55 + 504.2

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ Г. ИВАНОВО ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Д.В. Машкин, Т.В. Извекова, А.А. Гущин, В.И. Гриневич

Дмитрий Валерьевич Машкин, Татьяна Валерьевна Извекова, Андрей Андреевич Гущин *,
Владимир Иванович Гриневич

Кафедра Промышленной экологии, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр., 10, Иваново, Российская Федерация, 153000

E-mail: mashkin.dima@mail.ru, mbimpa@bk.ru, a_guschin@bk.ru *

В данной работе приводятся результаты измерений содержания тяжёлых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mn) и углеводородов нефти в почвенном покрове г. Иваново. Химическое загрязнение почв оценивалось сравнением полученных результатов с нормируемыми величинами, и по показателям, являющимся индикаторами неблагоприятного воздействия на здоровье населения, а именно коэффициенту концентрации химического вещества (K_c) и суммарному показателю химического загрязнения (Z_c). Установлено, что содержание свинца и нефтепродуктов превышают нормируемые значения в 6,7 и 3,9 раза соответственно, а для всех остальных контролируемых соединений их концентрации во всех исследуемых пробах превышает фоновые значения, за исключением кобальта и марганца. Для определения уровня загрязнения и выявления основных источников техногенного воздействия было осуществлено зонирование исследуемой территории на следующие зоны: санитарно-защитные зоны АЗС, зоны с интенсивным движением автотранспорта и жилые зоны. По величине Z_c территории жилой застройки относятся к категории допустимого уровня загрязнения ($Z_c < 16$), а территории вблизи дорог и автозаправок характеризуются средним уровнем загрязнения ($16 < Z_c < 32$). Динамика изменения значения комплексного показателя уровня химического загрязнения почвы (Z_c) за период с 1999 г. по 2014 г. свидетельствует об ухудшении экологического состояния почвы, а именно, значение Z_c увеличилось с 12 до 18, что, вероятно, связано с ростом парка автотранспорта (прирост в среднем 6 % в год). Методом геохимического картирования сделано обоснованное предположение, что основной вклад в загрязнение почвы дают локальные источники города.

Ключевые слова: почвы, тяжёлые металлы, урболандшафты, экологический мониторинг, атомно-адсорбционная спектроскопия, геохимическое картирование

ASSESSMENT OF LEVEL POLLUTION OF IVANOVO CITY WITH HEAVY METALS AND OIL PRODUCTS

D.V. Mashkin, T.V. Izvekova, A.A. Gushchin, V.I. Grinevich

Dmitry V. Mashkin, Tatyana V. Izvekova, Andrei A. Gushchin *, Vladimir I. Grinevich

Department of Industrial Ecology, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheretevskiy ave., 10, Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: mashkin.dima@mail.ru, mbimpa@bk.ru, a_gushchin@bk.ru *

In given study the results of measurements of heavy metals content (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mn) and oil hydrocarbons in a soil cover of Ivanovo city are presented. The chemical pollution of soils was estimated with the comparison of obtained results with normalized values as well as on parameters which are indicators of unfavorable impact on a population health that is on the coefficient of concentration of chemical substance (K_c) and total parameter of chemical pollution (Z_c). It has been established that the content of lead and oil products exceeds the standardized values by a factor of 6.7 and 3.9 times, respectively, and for all other controlled compounds their concentrations in all the test samples exceed the background values, with the exception of cobalt and manganese. For a determination of level pollution and for revealing main sources of anthropogenic impact the territory under study was divided on the following zones: buffer areas of gasoline stands, zones with the intensive vehicular traffic and residential zones. On Z_c value the residential zones refer to category of permissible level of pollution ($Z_c < 16$) whereas territories near roads and gasoline stands are characterized with the average level of pollution ($16 < Z_c < 32$). The dynamics of the change in the value of the complex indicator of the level of chemical contamination of soil (Z_c) for the period from 1999 to 2014 indicates a deterioration in the environmental condition of the soil, namely, the value of Z_c increased from 12 to 18, which is probably associated with growth of vehicles (an average increase of 6% per year). On the basis of the method of geochemical mapping the reasonable assumption was made that the main contribution to soil contamination is provided by local sources of city.

Key words: soil, heavy metals, urbanization landscapes, environmental monitoring, atomic absorption spectrometry, geochemical mapping

Для цитирования:

Машкин Д.В., Извекова Т.В., Гушчин А.А., Гриневич В.И. Оценка уровня загрязнения почв г. Иваново тяжелыми металлами и нефтепродуктами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2017. Т. 60. Вып. 5. С. 94–99.

For citation:

Mashkin D.V., Izvekova T.V., Gushchin A.A., Grinevich V.I. Assessment of level pollution of Ivanovo city with heavy metals and oil products. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2017. V. 60. N 5. P. 94–99.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы являются одним из наиболее подверженных антропогенному влиянию компонентов окружающей среды. Автозаправочные станции (АЗС) являются интенсивным источником загрязнения всех компонентов окружающей среды и, вместе с тем, оказывают негативное влияние на здоровье населения [1]. Основными загрязнителями от такого рода объектов и автотранспорта являются углеводороды нефти и некоторые тяжелые металлы.

Анализ содержания токсикантов в почвах играет ключевую роль в экологическом мониторинге. На основе данных мониторинга делаются выводы о правильности расположения промышленных или иных объектов [2, 3]. Поэтому измерение концентрации углеводородов нефти (НП) и тяжелых металлов (ТМ) в почвах является актуальным. В данной работе впервые представлены результаты комплексных исследований содержания НП и ТМ в почвах, снежном и растительном покрове.

вах в селитебных зонах и на территориях, подверженных воздействию АЗС и автотранспорта (на примере г. Иваново).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве объекта анализа была выбрана территория города Иваново, поделённая на 8 квадратов. В каждом из квадратов определялись участки с различной антропогенной нагрузкой. В течение 2013 и 2014 гг. исследовались:

- области санитарно-защитных зон АЗС;
- области вблизи дорог;
- области в местах проживания населения (жилая зона – ЖЗ).

Изучалось накопление тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mn) и углеводородов нефти в почвах для 160 точек города. Отбор проб проводился согласно требованиям, регламентируемым нормативными документами из поверхностного слоя методом «конверта» на глубину 0,30 м [4-6].

Для получения сведений о состоянии почв (уровне загрязнения) на фоновых участках был произведен пробоотбор вне области локального техногенного воздействия. Отбор фоновых проб происходил при необходимой дальности от мест проживания населения (с наветренной стороны), и не меньше чем в 500 м от автомобильных дорог.

Определение концентрации токсикантов осуществлялось методами инверсионной вольтамперометрии и электротермической атомно-адсорбционной спектроскопии (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mn), гравиметрическим методом и методом ИК-спектроскопии (нефтепродукты) [7-10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным критерием гигиенической оценки опасности и уровня загрязнения почвы вредными веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ в почве [11]. В ходе исследования были получены концентрации валовых форм ТМ и нефтепродуктов. Относительная расширенная неопределенность измерений для валового содержания элементов составляет 30% (табл. 1). Результаты измерений свидетельствуют о том, что содержание почти для всех исследуемых загрязняющих веществ (ЗВ) превышает фоновые концентрации. Исключение составляют кобальт и марганец в некоторых точках жилой зоны. Для других поллютантов максимальные превышения фона достигают трехкратной величины. Следует отметить, что нормативные значения (ПДК) для валовых форм металлов не превышены. Однако содержание нефтепродуктов в среднем превышает нормируемое значение в 2,5 раза.

Таблица 1

Содержание загрязняющих веществ в почвенном покрове г. Иваново

Table 1. The content of pollutants in the soil cover of Ivanovo city

Элемент	Концентрация валовых форм ТМ в почве (мг/кг)						Фон (мг/кг)	ПДК (мг/кг)
	2013 г			2014 г				
	ЖЗ	до-рога	АЗС	ЖЗ	до-рога	АЗС		
Медь	19,0	23,0	27,5	18,4	23,1	24,6	7,6	132
Цинк	42,7	65,3	79,6	44,1	54	73,4	20,1	220
Кадмий	0,17	0,19	0,21	0,13	0,16	0,2	0,06	20
Свинец	6,9	10,2	11,4	7,5	11,8	13,4	6,2	2
Никель	21,4	28,2	30,1	18,5	28,2	34,9	12,7	80
Марганец	73,6	83,6	91,7	59,5	81,8	88,4	60,7	1500
Кобальт	1,6	2,5	2,9	1,4	2,2	3,1	1,8	14,4
Нефтепродукты	71,6	114,4	185,2	70,4	119,7	192,9	55	50

Уровень химического загрязнения почвенного покрова определяется по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c). Данный показатель выступает в качестве индикатора негативного воздействия и влияния на здоровье населения [3, 4].

Суммарный показатель химического загрязнения (Z_c) можно определить, суммировав коэффициенты концентрации отдельных элементов (токсикантов) согласно формуле:

$$Z_c = K_{c1} + \dots + K_{ci} + \dots + K_{cn} - (n - 1), \quad (1)$$

где n – число определяемых компонентов; K_c – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания компонента над фоновым значением.

Таблица 2

Значения показателя Z_c для исследуемых зон г. Иваново

Table 2. The values of Z_c indicator for the studied zones of Ivanovo City

Элемент	Концентрация валовых форм ТМ в почве (доли ПДК)					
	2013			2014		
	ЖЗ	дорога	АЗС	ЖЗ	дорога	АЗС
Медь	2,5	3	3,6	2,4	3	3,2
Цинк	2,1	3,2	4,0	2,2	2,7	3,7
Кадмий	2,8	3,2	3,5	2,2	2,7	3,3
Свинец	1,1	1,6	1,8	1,2	1,9	2,2
Никель	1,7	2,2	2,4	1,5	2,2	2,7
Марганец	1,2	1,4	1,5	1,0	1,3	1,5
Кобальт	0,9	1,4	1,6	0,8	1,2	1,7
Нефтепродукты	1,3	2,1	3,4	1,3	2,2	3,5
ΣK_c	13,7	18,1	21,8	12,5	17,2	21,8

Для загрязняющих веществ не природного происхождения коэффициент концентрации определяли как частное от деления массовой доли загрязняющего вещества и его предельно-допустимой концентрации в почве ($K_{C(i)} = m_i^3 / \text{ПДК}_{(i)}$) (табл. 2).

Полученные значения суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами (Z_c) позволяют произвести оценку экологического состояния исследуемых районов: ЖЗ следует отнести к категории допустимого уровня загрязнения ($Z_c < 16$), а территории вблизи дорог и автозаправок характеризуются средним уровнем загрязнения ($16 < Z_c < 32$) (табл. 2), что хорошо согласуется с опубликованными данными [13], в которых указано, что почвы 89,6% населенных пунктов (в среднем) по показателю загрязнения Z_c относятся к допустимой категории загрязнения ТМ, хотя отдельные участки населенных пунктов могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу.

Для оценки пространственной структуры загрязнения почвенного покрова города, как природной среды, способной депонировать поступающие загрязняющие вещества, использовался метод геохимического картирования (рис. 1).

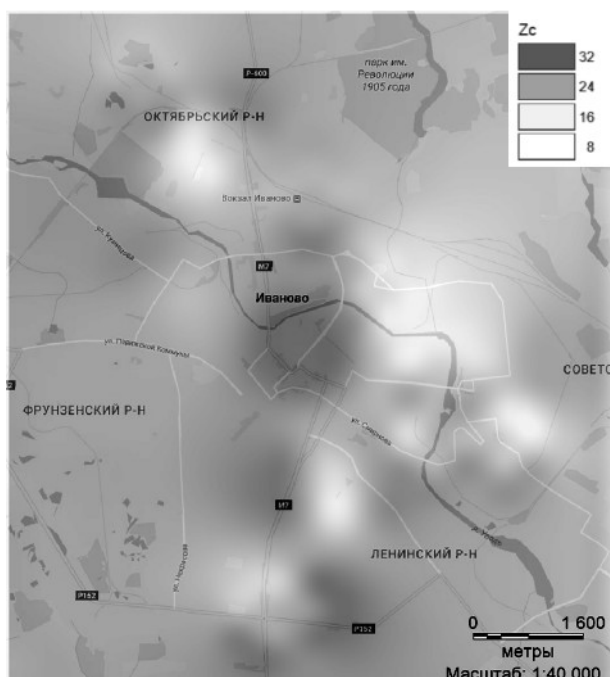


Рис. 1. Уровень загрязнения почвенного покрова г. Иваново (по показателю Z_c)

Fig. 1. The level of soil contamination in Ivanovo (on Z_c indicator)

Как видно из картографического материала, в целом уровень загрязнения почвенного покрова города Иваново можно охарактеризовать как средний (Z_c находится в диапазоне от 16-32), т.е. наблюдается повышение уровня общей заболеваемости населения. Результаты картирования позволяют сделать вывод о том, что территория города четко структурирована по уровню загрязнения – наиболее загрязненной частью города является

юго-западная часть. Это связано с рядом факторов как природного, так и антропогенного характера: роза ветров, характеризующая ветровой режим, имеет направление преобладающего ветра на юг и юго-запад (рис. 2); в западной части расположена промзона города, с юга на запад проходит автомобильная артерия, соединяющая Москву и Ярославль, где наблюдается интенсивное движение грузового автотранспорта. Ранее проведенные исследования (1996-1999 г.г.) дали среднюю величину комплексного показателя загрязнения почв, равную 12 [1].

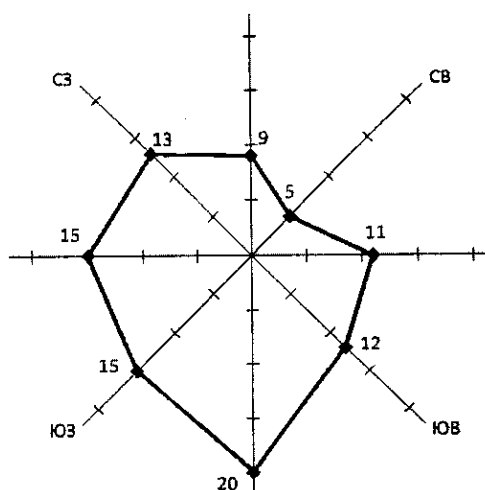


Рис. 2. Среднегодовая роза ветров для Ивановской области

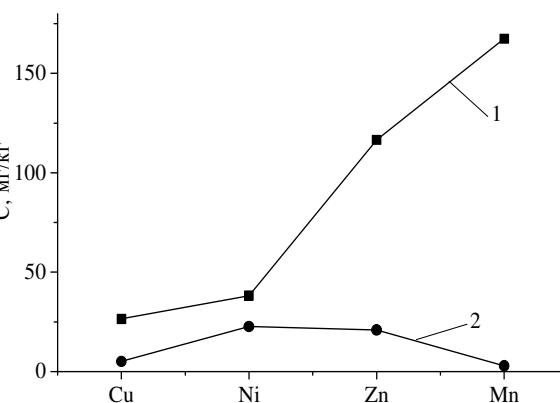


Рис. 3. Распределение тяжелых металлов в почве (1) и снежном покрове (2) на территории г. Иваново

Следовательно, уровень загрязнения почвенного покрова в городе за период с 1999 г. по 2014 возрастает, что, вероятно, связано как с увеличением роли автотранспорта, так и с атмосферными выпадениями.

Ориентировочное значение показателя Z_c для Ивановской области согласно [3, 12, 13] находится в диапазоне (10 – 16). Т.е. уровень загрязнения почвенного покрова города, как и следовало

ожидать, выше в среднем в 1,6 раза по сравнению с Ивановской областью в целом за счет концентрирования источников загрязнения.

Для оценки характера и степени загрязнения почвенного покрова были определены ассоциации химических элементов в характерных техногенных ореолах распространения (рис. 3).

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что вклад в загрязнение почвенного покрова не связан с атмосферными выпадениями, а, вероятно, сформирован локальными источниками загрязнения – АЗС, автодороги, железные дороги.

ВЫВОДЫ

В ходе работы было определено содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвенном покрове г. Иваново за период с 2013 по 2014 гг.

и выявлено, что по всем контролируемым соединениям, за исключением кобальта и марганца на территории жилой застройки, наблюдается превышение фоновых концентраций. Содержание свинца и нефтепродуктов превышает нормируемые значения в 6,7 и 3,9 раза соответственно. Динамика изменения значения комплексного показателя уровня химического загрязнения почвы (Z_c) за период с 1999 г. по 2014 г. свидетельствует об ухудшении экологического состояния почвы, а именно, значение Z_c увеличилось с 12 до 18, что, вероятно, связано с ростом парка автотранспорта (прирост в среднем 6% в год). С использованием метода геохимического картирования получено подтверждение, что основной вклад в загрязнение почвы дают локальные источники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родивилова О.В., Лебедева Н.А., Никифоров А.Ю. Уровень техногенного загрязнения почв г. Иваново тяжелыми металлами. *Инженерная экология*. 2001. № 1. С. 35-42.
2. Илюшкина Л.Н., Шевченко Е.Е. Санитарно-гигиеническое состояние почв рекреационных зон г. Ростова-на-Дону. *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4 (ч. 2). С. 375-378.
3. Гущин А.А., Извекова Т.В., Машкин Д.В., Уюткин В.А. Оценка экологического риска при загрязнении почвенного покрова предприятиями нефтепродуктообеспечения. *Безопасность в техносфере*. 2014. Т. 3. № 1. С. 32-38.
4. МУ 2.1.7.730-99. «Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 1999. 7 с.
5. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Охрана природы. Почвы: Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ. 2008. 4 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Охрана природы. Почвы: Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ. 2008. 8 с.
7. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06. Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. Томск: ООО «НПП Томаналит». 2006. 44 с.
8. РД 52.18.191-89 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: Гидрометеиздат. 1990. 10 с. (издание 2006 г.)
9. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.64-10 Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом. М.: ФГУ «ФЦАО». 2010. 16 с.

REFERENCES

1. Rodivilova O.V., Lebedeva N.A., Nikiforov A.Yu. The level of technogenic pollution of soils with heavy metals in Ivanovo. *Inzhenernaya ekologiya*. 2001. N 1. P. 35-42 (in Russian).
2. Ilyushkina L.N., Shevchenko E.E. Sanitary state of soil recreational areas of Rostov-on-Don. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2013. N 4 (ch. 2). P 375-378 (in Russian).
3. Gushchin A.A., Izvekova T.V., Mashkin D.V., Uytkin V.A. Estimation of ecological risk at pollution of soil cover oil plants. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014. V. 3. N 1. P. 32-38 (in Russian).
4. МУ 2.1.7.730-99. "Hygienic assessment of soil quality populated areas." (переводится) М.: Federalny tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii. 1999. 7 p. (in Russian).
5. GOST 17.4.3.01-83. Protection of Nature. Soils. General requirements for sampling. Protection of Nature. Soils (переводится): Sb. GOSTov. M.: Standartinform. 2008. 4 p. (in Russian).
6. GOST 17.4.4.02-84. Protection of Nature. Soils. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Protection of Nature. Soils (переводится): Sb. GOSTov. M.: Standartinform. 2008. 8 p. (in Russian).
7. PND F 16.1:2:2:2:3.48-06 Quantitative chemical analysis of samples of soil, greenhouse soil, sludge, sediments, sapropel, solid waste. Methods of measurement of mass concentrations of zinc, cadmium, lead, copper, manganese, arsenic, mercury by stripping voltammetry at the analyzer of TA type Tomsk: ООО «NPP Tomanalit». 2006. 44 p. (in Russian).
8. RD 52.18.191-89 Guidelines. Methods of measurement of the mass fraction of acid-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption analysis. M.: Gidrometeoizdat. 1990. 10 p. (publication of 2006) (in Russian).
9. PND F 16.1:2:2:2:3.64-10 Quantitative chemical analysis of soils. Methods of measurement of the mass fraction of petroleum products in the soil samples, soil, sediment, sludge, sewage sludge, waste production and consumption by gravimetric method (переводится). M.: FGI "FTSAO". 2010. 16 p. (in Russian).

10. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М.: ФГУ «ФЦАО». 1998. 21 с. (издание 2005 г.)
11. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Сборник. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. 15 с.
12. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 г» [Электронный ресурс]: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>.
13. **Румянцев И.В., Дунаев А.М., Островская Т.М., Фронтасьева М.В., Гриневич В.И.** Оценка качества почвенного покрова на территории Ивановской области. *Проблемы регион. экологии*. 2016. № 2. С. 5-13.
10. PND F 16.1:2.2.22-98 Quantitative chemical analysis of soils. Methods of measurement of the mass fraction of oil in the mineral, organogenic, organo-mineral soils and sediments infrared spectrometry method (переводится). М.: FGI "FTSAO". 1998. 21 p. (publication of 2005) (in Russian).
11. GN 2.1.7.2041-06. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil. Sbornik. (переводится): М.: Federalny sentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora. 2006. 15 p.
12. The State Report "On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2014" [Electronic resource]: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>.
13. **Rumyantsev I.V., Dunayev A.M., Ostrovskaya T.M., Frontasyeva M.V., Grinevich V.I.** Evaluation of the quality of soil cover in the Ivanovo Region. *Problemy regionalnoy ekologii*. 2016. N 2. P. 5-13 (in Russian).

*Поступила в редакцию 17.01.2017
Принята к опубликованию 03.03.2017*

*Received 17.01.2017
Accepted 03.03.2017*