

УДК 712:911.375

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-65-69

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫХ ГАЗОНОВ НА ПОЧВАХ С НИЗКИМ И СРЕДНИМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

О.П. Лаврова

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65

olg.lavrv2010@yandex.ru

Рассмотрены перспективы создания фиторемедиационных газонов в городской среде. Городские почвы загрязнены большим количеством поллютантов, в основном тяжелыми металлами. На территории городов формируются зоны, характеризующиеся постоянным поступлением тяжелых металлов в почву. Это зоны влияния промышленных предприятий, городские транспортные магистрали, несанкционированные свалки мусора. Почвы таких зон имеют низкий или средний уровень загрязнения. Для их очищения наиболее перспективным и эффективным способом является фиторемедиация. В настоящее время активно ведется поиск местных растений — аккумуляторов тяжелых металлов. На основании обзора литературных данных среди видов со способностью к фиторемедиации выделена группа многолетних травянистых растений, которые используются или могут использоваться для создания садово-парковых и луговых газонов в городской среде. К таким видам относятся овсяница красная *Festuca rubra* L., овсяница луговая *Festuca pratensis* Huds., райграс пастбищный *Lolium perenne* L., ежа сборная *Dactylis glomerata* L., костер безостый *Bromus inermis* Leys., вейник наземный *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., клевер луговой *Trifolium pratense* L., донник желтый *Melilotus officinalis* (L.) Pall., люцерна серповидная *Medicago falcata* L. Перечисленные виды-фиторемедианты способны произрастать на загрязненных почвах без потери декоративности, устойчивы к периодическому скашиванию. Из них можно создавать постоянно работающие фиторемедиационные газоны. Для этого необходимо составлять травосмеси из разных видов фиторемедиантов с учетом специфики загрязнения почв. Такие газоны могут служить очищению почв с низким и средним уровнем загрязнения на территориях с постоянным поступлением поллютантов в почву в городской среде.

Ключевые слова: загрязнение почв, фиторемедиация, фиторемедиационные газоны в городской среде

Ссылка для цитирования: Лаврова О.П. Перспективы создания фиторемедиационных газонов на почвах с низким и средним уровнем загрязнения тяжелыми металлами // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 6. С. 65–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-65-69

Важнейшей экологической проблемой городских урбоэкосистем является загрязнение почв. Наличие многочисленных источников загрязнения приводит к тому, что в почвы городских ландшафтов поступает большое количество поллютантов. Кроме того, в городских почвах нарушено нормальное протекание почвообразовательных процессов, скорость самоочищения почв очень мала, и только небольшая часть поллютантов, попавших в почву, окисляется и нейтрализуется, а большинство их накапливается в почве и сохраняется там длительное время. Таким образом, почвы в городах поглощают, удерживают и накапливают разнообразные загрязняющие вещества, препятствуя их проникновению в грунтовые воды [1–3]. Основными видами поллютантов являются тяжелые металлы, такие как кобальт, никель, медь, цинк, кадмий, хром, свинец и др., а также другие неорганические вещества (сера, фтор, цементная пыль) и разнообразные органические соединения.

В крупных промышленных центрах источниками тяжелых металлов являются предприятия металлургической и машиностроительной отрасли, предприятия по производству удобрений, пластмасс, строительных материалов, полигра-

фической промышленности. Зона накопления поллютантов в почве вокруг таких предприятий, по разным данным, может составлять от 3 до 20 км [1–4]. Также источником тяжелых металлов являются свалки твердых бытовых отходов [4]. До 80 % загрязняющих веществ в городах поступает от автотранспорта. Городские транспортные магистрали являются источником более 170 токсичных ингредиентов [4]. Это тяжелые металлы, пестициды, нефть и нефтепродукты, фенолы, бензапирен, оксид свинца, продукты износа резины, дорожного покрытия, движущихся частей и механизмов автомобилей, пластмассы, краска. Основная масса выбросов оседает на удалении 10...20 м от дороги, а более мелкие частицы могут рассеиваться на расстоянии 150...300 м. [1–4].

Таким образом, на территории городов выделяются зоны, характеризующиеся постоянным непрерывным поступлением в почву поллютантов неорганической и органической природы, основная масса которых накапливается в верхнем слое почвы (до 10 см). Это зоны влияния промышленных предприятий, городские транспортные магистрали, свалки мусора на городских пустырях, по оврагам, вдоль малых рек. Почвы

таких зон имеют низкий или средний уровень загрязнения [2, 3]. Применять инженерные методы рекультивации и очищения почв на таких территориях нецелесообразно.

Цель работы

Цель работы — рассмотреть перспективы создания фиторемедиационных газонов в городской среде.

Материалы и методы

Одним из перспективных способов очищения почв уже традиционно считается фиторемедиация — очищение почвы с помощью высших растений. Технологию фиторемедиации рекомендуют применять только при низком и среднем уровне загрязнения почв подвижными формами тяжелых металлов. При высоком уровне загрязнения травянистые растения угнетаются, снижается накопление фитомассы и применение этого метода становится нецелесообразным. Для фиторемедиации используют растения, устойчивые к повышенному содержанию поллютантов и способные

экстрагировать их из почвы и аккумулировать в своих тканях [5, 6]. Этот метод в настоящее время широко применяется для ликвидации ранее накопленного экологического ущерба — для очищения почв сельскохозяйственных угодий, свалок твердых бытовых отходов, военных полигонов [1]. При этом практически не рассматривается перспектива его применения на территориях с постоянным поступлением поллютантов в почву в городской среде.

В связи с возросшим интересом к фиторемедиации в России активно ведется поиск растений — аккумуляторов тяжелых металлов. Путем лабораторных и полевых исследований такая способность выявлена у большого количества однолетних и многолетних, культурных, сорных и дикорастущих, древесных, кустарниковых и травянистых растений. Разработаны методы активной (с ежегодным посевом и полным удалением однолетних растений — фиторемедиантов) и пассивной (выращивание многолетних фиторемедиантов с регулярным удалением только надземной фитомассы) фиторемедиации.

Накопление тяжелых металлов и фтора растениями-фиторемедиантами, мг/кг сухой массы, по данным разных авторов

Accumulation of heavy metals and fluoride by plant phytoremediates, mg / kg dry weight, according to different authors

Растение	Поллютанты										Источник
	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Cr	Co	Ni	Mn	F	
Костер	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	[7]
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75	[8]
Люцерна	+	–	–	–	–	–	–	–	–		[9]
		–	–	–	–	–	–	–	–	61	[8]
Овсяница луговая	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	[9]
Овсяница красная	–	–	–	600	–	–	–	750	–	–	[17]
Клевер луговой	–	+	–	24,9– 23,5	1623,3– 1156,5	1,1–1,7	+	+	+	–	[14]
	–	157,5	3,7	150,7	–	–	65,3	8,2	–	–	[15]
Клевер	3,6	42	–	180	–	–	–	–	–	–	[10]
Донник желтый	2,8/ 11,6	–	19,6/ 152	–	–	–	–	59,8/ 363,1	–	–	[13]
Ежа сборная	–	+		+	1623,3– 1156,5	1,1–1,7	+	+	–	–	[14]
Одуванчик	+	–	+	–	–	–	–	–	–	–	[11]
Горец птичий	+	–	+	–	–	–	–	–	–	–	
Тысячелистник обыкновенный	+	+	+	+	–	+	+	+	+	–	
Цикорий	–	+	–	+	–	+	+	+	+	–	
Подорожник средний	–	+	–	+	–	+	+	+	+	–	
Вейник наземный	–	–	–	–	–	–	–	703	–	–	[16]
Райграс пастбищный	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	[12]
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	[8]

Примечание. Плюсом отмечена способность к накоплению поллютанта без указания его содержания в растениях; – не выявлено.

Результаты и обсуждение

На основании анализа и обобщения результатов многочисленных исследований разных авторов из значительного списка видов с выявленной способностью к фиторемедиации можно выделить многолетние травянистые растения, которые используются или могут использоваться для создания садово-парковых и луговых газонов в городской среде. К таким видам относятся овсяница красная *Festuca rubra* L., овсяница луговая *Festuca pratensis* Huds., райграс пастбищный *Lolium perenne* L., ежа сборная *Dactylis glomerata* L., коостер безостый *Bromus inermis* Leys., вейник наземный *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., клевер луговой *Trifolium pratense* L., донник желтый *Melilotus officinalis* (L.) Pall., люцерна серповидная *Medicago falcata* L. [7–17]. Обобщенные данные представлены в таблице.

Перечисленные виды-фиторемедианты способны произрастать на почвах со слабым и средним уровнем загрязнения без потери декоративности, образуя значительную биомассу и вынося из загрязненной почвы, по некоторым данным [16], порядка 1000 мг/кг тяжелых металлов. Кроме того, они устойчивы к периодическому скашиванию. На загрязненных территориях из таких видов можно создавать постоянно работающие фиторемедиационные газоны, которые необходимо регулярно скашивать, фитомассу удалять и соответствующим образом перерабатывать. Такие газоны способны будут очищать почву на глубину своих корней, в среднем около 0,7 м [6], чего вполне достаточно для фиторемедиации городских почв.

Растений — концентраторов всех металлов не выявлено, каждое растение накапливает два-три реже четыре элемента [14]. Поэтому для создания фиторемедиационных газонов необходимо составлять травосмеси из разных видов-фиторемедиантов с учетом специфики загрязнения почв. Например, на почвах, где загрязняющими веществами в основном являются цинк, свинец и медь (почвы Нижнего Новгорода) [3], можно создавать луговые фиторемедиационные газоны, в состав которых войдут овсяница красная, овсяница луговая, райграс пастбищный, ежа сборная, донник желтый, клевер луговой, тысячелистник обыкновенный.

Выводы

Целенаправленного изучения фиторемедиационной способности различных видов газонных трав к настоящему времени не проводилось. Возможно, при проведении таких исследований ассортимент трав, пригодных для создания фиторемедиационных газонов на почвах с различным видом загрязнений, будет расширен. Целесоо-

бразно провести и апробацию таких газонов в городской среде. В целом создание фиторемедиационных газонов может быть перспективным для очищения почв с низким и средним уровнем загрязнения тяжелыми металлами и фтором на территориях с постоянным поступлением таких поллютантов в почву в городской среде.

Список литературы

- [1] Мозолевская Е.Г., Липаткин В.А., Шарапа Т.В. Оценка состояния насаждений лесопарков Московского городского управления лесами на территориях, примыкающих к Московской кольцевой автомобильной дороге (лесопатологический мониторинг). М.: МГУЛ, 1999. 48 с.
- [2] Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы / под ред. А.Г. Муравьева. Санкт-Петербург: Крисмас+, 2008. 216 с.
- [3] Дабахов М.В. Экологическая оценка техногенно загрязненных почв урбанизированных территорий и промышленных зон г. Нижнего Новгорода: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. 2012. URL: <http://www.dissercat.com/content/ekologicheskaya-otsenka-tekhnogенно-zagryaznennykh-pochv-urbanizirovannykh-territorii-i-prom> (дата обращения 14.04.2016).
- [4] Джувеликян Х.А. Экологическое состояние природных и антропогенных ландшафтов центрального черноземья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2007. URL: <http://www.sevin.ru/fundecology/news/DDisDzhuvelikyan.pdf> (дата обращения 14.04.2016).
- [5] Серегин И.В., Кожевникова А.Д. Механизмы гипераккумуляции и устойчивости растений к тяжелым металлам // Всероссийский симпозиум «Экология мегаполисов: фундаментальные основы и инновационные технологии». Москва, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, 21–25 ноября 2011 г. М.: Лесная страна, С. 131. URL: http://www.ippras.ru/society_physiologists_plants/ssk/ecomeg2011/Book_ecomeg2011.pdf (дата обращения 14.04.2016).
- [6] Агибаева А.К., Алтынсариев А.Ж., Сембиева А.А. Фиторемедиация почв, загрязненных токсичными отходами металлургического производства. URL: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/57/1860/1860.pdf> (дата обращения 14.04.2016).
- [7] Крупкин П.И. Пути рационального использования почв, загрязненных фтором // Агрохимия, 2005. № 3. С. 79–87.
- [8] Полонский В.И., Полонская Д.Е. Фторидное загрязнение почвы и фиторемедиация // Сельскохозяйственная биология, 2013. № 1. С. 3–14.
- [9] Линдиман А.В. Процессы миграции свинца и кадмия в системе «почва-растение»: автореф. дис. ... канд. хим. наук. URL: http://discollection.ru/article/17032009_lindiman_anastasija_vasil_evna_85955/2 (дата обращения 14.04.2016).
- [10] Николаева Н.С., Семиколенова Л.Г. Оценка возможности использования разных видов растений для очистки почвы, загрязненной тяжелыми металлами. URL: <http://shmain.ru/nauchnye-stati/nikolaeva-n-s-semikolenova-l-g-ocenka-vozmozhnosti-ispolzovaniya-raznykh-vidov-rastenij-dlya-ochistki-pochvy-zagryaznennoj-tyazhelyimi-metallami.html> (дата обращения 14.04.2016).
- [11] Васильева Т.Н. Фиторемедиационные аспекты загрязнения урбанизированных почв Оренбурга: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2011. URL: <http://earthpapers.net/fitoremediatsionnye-aspekty-zagryazneniya-urbanizirovannyh-pochv-orenburga> (дата обращения 24.04.2016).

- [12] Бганцова М.В. Использование горчицы сарептской и райграсса пастбищного для фиторемедиации загрязненных свинцом почв // Вестник Томского государственного университета, 2009. № 324. С. 350–353.
- [13] Андреева И.В., Байбеков Р.Ф., Злобина М.В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Природообустройство, 2009. № 5. С. 5–10.
- [14] Кудряшова В.И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саранск, 2003. URL: <http://earthpapers.net/akkumulyatsiya-tyazhelyh-metallov-dikorastuschimi-rastenyami> (дата обращения 24.04.2016).
- [15] Пырина И.В., Назаров А.В., Плюснин С.Д. Фиторемедиация нефтезагрязненной почвы с высоким содержанием тяжелых металлов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Сер. Химическая технология и биотехнология, 2009. Т. 10. С. 72–77.
- [16] Маджугина Ю.Г., Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Растения полигонов захоронения бытовых отходов мегаполисов как перспективные виды для фиторемедиации // Физиология растений, 2008. Т. 55. № 3. С. 453–463.
- [17] Трибис Л.И. Фитоэкстракция никеля и меди и респирометрические показатели состояния микробных сообществ в техногенных грунтах и почвах, загрязненных тяжелыми металлами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2016. URL: <http://www.timacad.ru/catalog/disser/kd/tribis/avtoref.pdf> (дата обращения 24.04.2016).

Сведения об авторе

Лаврова Ольга Петровна — канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», olg.lavrv2010@yandex.ru

Поступила в редакцию 03.09.2018.

Принята к публикации 22.10.2018.

PROSPECTS FOR CREATION OF PHYTOREMEDIATIVE LAWNS IN SOILS WITH LOW AND MEDIUM LEVEL POLLUTION BY HEAVY METALS

O.P. Lavrova

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65, Ilyinskaya st., 603950, Nizhny Novgorod, Russia
olg.lavrv2010@yandex.ru

The article describes the prospects of creating of phytoremediation lawns in the urban environment. Urban soil contaminated with large amounts of pollutants, the principal of which are heavy metals. On the territory of cities areas are formed where heavy metals are constantly coming into the soil. They are areas of influence of industrial enterprises, areas along thoroughfares, areas in places of unauthorized dumps of garbage. Soils of such areas have low or medium level of pollution. Phytoremediation is the most promising and effective method for the purification of such soils. Currently, scientists are actively looking for local plants which are accumulators of heavy metals. Based on the review of the literature, among the species that have the ability to phytoremediation, a group of perennial herbaceous plants was allocated, which are used or can be used for the creation of common and meadow lawns in the urban environment. Such species include *Festuca rubra* L., *Festuca pratensis* Huds., *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus inermis* Leys., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Trifolium pratense* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Medicago falcata* L. These species-phytoremediators are able to grow in contaminated soils without a loss of decorative qualities, they are resistant to periodic mowing. They can be used to create continuously running phytoremediation lawns. For this purpose it is necessary to make mixtures of different species of phytoremediators, taking into account the specifics of soil pollution. Such lawns can be promising for the purification of soils with low and medium level of pollution in areas with continuous flow of pollutants in the soil in the urban environment.

Keywords: soil pollution, phytoremediation, phytoremediative lawns in urban environment

Suggested citation: Lavrova O.P. *Perspektivy sozdaniya fitoremediatsionnykh gazonov na pochvakh s nizkim i srednim urovnem zagryazneniya tyazhelymi metallami* [Prospects for creation of phytoremediative lawns in soils with low and medium level pollution by heavy metals]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 6, pp. 65–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-65-69

References

- [1] Mozolevskaya E.G., Lipatkin V.A., Sharapa T.V. *Otsenka sostoyaniya nasazhdeniy lesoparkov Moskovskogo gorodskogo upravleniya lesami na territorii, primykayushchikh k Moskovskoy kol'tsevoy avtomobil'noy doroge (lesopatologicheskii monitoring)* [Assessment of planting condition of forest parks of Moscow urban forest management on the territories adjacent to the Moscow ring road (forest pest monitoring)]. Moscow: [MSFU], 1999. 48 p.
- [2] Murav'ev A.G., Karryev B.B., Lyandzberg A.R. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya pochvy* [Evaluation of the ecological state of the soil]. Ed. A.G. Murav'ev. Saint-Petersburg: Krismas+, 2008. 216 p.

- [3] Dabakhov M.V. *Ekologicheskaya otsenka tekhnogenno zagryaznennykh pochv urbanizirovannykh territoriy i promyshlennykh zon g. Nizhnego Novgoroda: avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [Ecological assessment of technogenic contaminated soils in urbanized areas and industrial zones in Nizhny Novgorod: autoabstract diss. Dr. Sci. (Biol.)]. 2012. Available at: <http://www.dissercat.com/content/ekologicheskaya-otsenka-tekhnogenno-zagryaznennykh-pochv-urbanizirovannykh-territorii-i-prom> (accessed 14.04.2016).
- [4] Dzhuvelikyan Kh. A. *Ekologicheskoe sostoyanie prirodnykh i antropogennykh landshaftov tsentral'nogo chernozem'ya: avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [The ecological condition of natural and anthropogenic landscapes of Central Chernozem region: autoabstract diss. Dr. Sci. (Biol.)]. Petrozavodsk, 2007. Available at: <http://www.sevin.ru/fundecology/news/DDisDzhuvelikyan.pdf> (accessed 14.04.2016).
- [5] Seregin I.V., Kozhevnikova A.D. *Mekhanizmy giperakkumulyatsii i ustoychivosti rasteniy k tyazhelym metallam* [Mechanisms of hyperaccumulation and plant tolerance to heavy metals]. Vserossiyskiy simpozium «Ekologiya megapolisov: fundamental'nye osnovy innovatsionnye tekhnologii» [All-Russian Symposium «Ecology of big cities: the fundamental basis and innovation technology»]. Moscow, Institute of Plant Physiology them K.A. Timiryazev RAN, November 21–25, 2011. Moscow: Lesnaya strana, p. 131. Available at: http://www.ippras.ru/society_physiologists_plants/ssk/ecomeg2011/Book_ecomeg2011.pdf (accessed 14.04.2016).
- [6] Agibaeva A.K., Altynsariev A.Zh., Sembieva A.A. *Fitoremediatsiya pochv, zagryaznennykh toksichnymi otkhodami metallurgicheskogo proizvodstva* [Phytoremediation of soils contaminated with toxic wastes of metallurgical production]. Available at: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/57/1860/1860.pdf> (accessed 14.04.2016).
- [7] Krupkin P.I. *Puti ratsional'nogo ispol'zovaniya pochv, zagryaznennykh fluorom* [The ways of rational use of soils contaminated with fluorine]. *Agrokhimiya* [Agro-chemicals], 2005, no. 3, pp. 79–87.
- [8] Polonskiy V.I., Polonskaya D.E. *Ftoridnoe zagryaznenie pochvy i fitoremediatsiya* [Soil pollution with fluorine and phytoremediation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2013, no. 1, pp. 3–14.
- [9] Lindiman A.V. *Protsessy migratsii svintsa i kadmiya v sisteme «pochva-rastenie»: avtoref. dis. kand. khim. nauk* [The processes of migration of lead and cadmium in the system «soil-plant»: autoabstract diss. Cand. Sci. (Chem.)]. Available at: http://discollection.ru/article/17032009_lindiman_anastasija_vasil_evna_85955/2 (accessed 14.04.2016).
- [10] Nikolaeva N.S., Semikolenova L.G. *Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya raznykh vidov rasteniy dlya ochistki pochvy, zagryaznennoy tyazhelymi metallami* [Assessment of possibility of usage of different types of plants for cleaning soils contaminated with heavy metals]. Available at: <http://shmain.ru/nauchnye-stati/nikolaeva-n-s-semikolenova-l-g-ocenka-vozmozhnosti-ispolzovaniya-raznyx-vidov-rastenij-dlya-ochistki-pochvy-zagryaznennoj-tyazhelymi-metallami.html> (accessed 14.04.2016).
- [11] Vasil'eva T.N. *Fitoremediatsionnye aspekty zagryazneniya urbanizirovannykh pochv Orenburga: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Phytoremediative aspects of contaminated urban soils of Orenburg: autoabstract diss. Cand. Sci. (Biol.)]. Orenburg, 2011. Available at: <http://earthpapers.net/fitoremediatsionnye-aspekty-zagryazneniya-urbanizirovannykh-pochv-orenburga> (accessed 24.04.2016).
- [12] Bgantsova M.V. *Ispol'zovanie gorchitsy sareptskoy i raygrasa pastbishchnogo dlya fitoremediatsii zagryaznennykh svintsom pochv* [The usage of brassica juncea and perennial ryegrass for the phytoremediation of soils contaminated with lead]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk state University], 2009, no. 324, pp. 350–353.
- [13] Andreeva I.V., Baybekov R.F., Zlobina M.V. *Fitoremediatsiya pochv, zagryaznennykh tyazhelymi metallami* [Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals]. *Prirodobustroystvo* [Environmental engineering], 2009, no. 5, pp. 5–10.
- [14] Kudryashova V.I. *Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov dikorastushchimi rasteniyami: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Accumulation of heavy metals by wild plants: autoabstract diss. Cand. Sci. (Biol.)]. Saransk, 2003. Available at: <http://earthpapers.net/akkumulyatsiya-tyazhelykh-metallov-dikorastuschimi-rasteniyami> (accessed 24.04.2016).
- [15] Pyrina I.V., Nazarov A.V., Plyusnin S.D. *Fitoremediatsiya nefezagryaznennoy pochvy s vysokim sodержaniem tyazhelykh metallov* [Phytoremediation of contaminated soil with a high content of heavy metals]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Ser. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya* [Bulletin of Perm national research Polytechnic University. Ser. Chemical technology and biotechnology], 2009, v. 10, pp. 72–77.
- [16] Madzhugina Yu.G., Kuznetsov V.V., Shevyakova N.I. *Rasteniya poligonov zakhoroneniya bytovykh otkhodov megapolisov kak perspektivnye vidy dlya fitoremediatsii* [Plants growing on the landfill of household waste of the cities, which are promising for phytoremediation]. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology], 2008, v. 55, no. 3, pp. 453–463.
- [17] Tribis L. I. *Fitoekstraksiya nikelya i medi i respirometricheskie pokazateli sostoyaniya mikrobykh soobshchestv v tekhnogennykh gruntakh i pochvakh, zagryaznennykh tyazhelymi metallami: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Phytoextraction of Nickel and copper and respirometric indicators of microbial communities in technogenic soils and soils contaminated with heavy metals: autoabstract diss. Cand. Sci. (Biol.)]. Moscow, 2016. Available at: <http://www.timacad.ru/catalog/disser/kd/tribis/avtoref.pdf> (accessed 24.04.2016).

Author's information

Lavrova Ol'ga Petrovna — Cand. Sci. (Biol.), Associated Professor, Head of the Department of Landscape Architecture and Landscape Construction at the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNSAGU), olg.lavrv2010@yandex.ru

Received 03.09.2018.

Accepted for publication 22.10.2018.