

УДК 57.033

С.В. Гальченко, Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева, А.С. Чердакова**ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ,
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ,
ДЕКОРАТИВНЫМИ ЦВЕТОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ**

В статье приводятся результаты серии лабораторных экспериментальных и натурных исследований по оценке способности декоративных цветочных культур, используемых для озеленения городов, к аккумуляции тяжелых металлов в своих органах — фиторемедиации, что способствует оздоровлению экологического состояния урбанизированных территорий. В качестве тест-объектов рассматривались пять цветочных культур: тюльпаны (*Tulipa*), бархатцы (*Tagetes*), амарант (*Amaranthus*), сальвия (*Salvia*) и цинерария (*Cineraria*).

Исследования были проведены в рамках реализации проекта, поддержанного грантом РФФИ № 15-05-04554 «Фиторемедиация городских почв, загрязненных тяжелыми металлами, декоративными цветочными культурами и злаками газонов».

декоративные цветочные культуры, коэффициент биологического накопления, тяжелые металлы, биологический барьер, урбанизированные территории, фиторемедиация почв.

Технологические выбросы от стационарных и передвижных источников загрязнения окружающей среды в городах поступают в атмосферу, а затем, выпадая на земную поверхность, накапливаются в верхних горизонтах почв, вновь включаются в природные и техногенные циклы миграции. Вовлекаясь в биологический круговорот, тяжелые металлы передаются по пищевым цепям и вызывают целый ряд негативных последствий на различных ступенях, в том числе и в организме человека как конечном звене любой экологической цепи. Кроме того, особенно в городах, возможно поступление тяжелых металлов в организм человека и при ингаляции атмосферного воздуха, содержащего аэрозоли почвы, которая в данном случае выступает как вторичный источник его загрязнения¹.

На фоне природных ландшафтов городские территории характеризуются наличием площадных геохимических аномалий с высоким содержанием в почвах различных тяжелых металлов. Использование технологий оздоровления почвы от опасных загрязнителей, применяемых на сельскохозяйственных полях, для городской территории не всегда технически возможно, недостаточно эффективно и чаще всего экономически невыгодно. Кроме того, основная цель большинства таких

¹ Гальченко С.В. Оценка влияния техногенных выбросов на экологическое состояние урбанизированных систем (на примере города Рязани): дис. ... канд. биол. наук / РГСХА имени П.А. Костычева. Рязань, 2002. 160 с.; Ляпкало А.А., Гальченко С.В. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения почвы г. Рязани тяжелыми металлами // Гигиена и санитария. 2005. № 1. С. 8.

мероприятий на агроландшафтах — снизить подвижность металлов, не допустить поступление загрязнителей в сельхозпродукцию. Для этого используются такие известные приемы, как физическая адсорбция загрязняющих веществ; добавление сорбентов-мелиорантов; удаление верхнего слоя почвы и замена его другим; внесение извести, цеолитов, органических удобрений и др.

В последние годы многие российские и зарубежные ученые все больше внимания обращают на перспективность применения методов очистки почвенных грунтов с использованием зеленых растений для оздоровления загрязненных почв — фиторемедиации. Распространение данного метода обусловлено, в первую очередь, экономическими причинами. Требуется только высадить «нужные» виды в загрязненную почву, а в конце сезона утилизировать растения.

Известно, что характер накопления тяжелых металлов и других загрязнителей в растениях различен и прямо связан с их видовой принадлежностью. Научные исследования по этой проблеме в основном направлены на изучение сельскохозяйственных культур. В качестве растений гипераккумуляторов, то есть фиторемедиаторов, тяжелых металлов современными учеными указываются: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale Wigg.*), полынь горькая (*Artemisia absinthium L.*), бодяк полевой (*Cirsium arvense (L.) Scop.*), клевер луговой (*Trifolium pratense L.*), мятлик луговой (*Poa pratensis L.*) и некоторые другие. Авторы предлагают включать перечисленные виды растений в севооборот на сельскохозяйственных полях. На урбанизированных территориях предлагаемые растения использовать для оздоровления почв в качестве фиторемедиаторов не представляется возможным, а городские культурные цветочные растения, которые прочно занимают свою экологическую нишу в любом городе, практически не рассматриваются. Даже последние научные разработки в области фиторемедиации городских почв² делают акцент на сорные дикорастущие растения — цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus L.*) и пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*).

Для озеленения городов, создания цветников, клумб, газонов широко используют различные сорта цветочных культур и злаков, которые выполняют не только важные экологические функции, но и декоративно-эстетические, придают конкретному населенному пункту индивидуальные черты. На сегодняшний день в научной литературе практически отсутствуют результаты исследований по способности именно городских декоративных растений к ремедиации, так как при выборе культур для озеленения территории акцент делается в основном на их декоративные качества.

Исходя из вышеизложенного, нами была сформулирована научная гипотеза: декоративные цветочные культуры — озеленители городов, способны в разной степени к аккумуляции тяжелых металлов из городской почвы и, следовательно, могут выполнять функции фиторемедиаторов урбанизированных территорий.

² Васильева Т.Н. Фиторемедиаторы территории городской агломерации // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. № 2. С. 8–12.

Для подтверждения или опровержения научной гипотезы нами была проведена серия научных исследований по оценке фиторемедиационных свойств пяти цветочных культур, которые традиционно используются для озеленения городских территорий в Российской Федерации: тюльпаны (*Tulipa*), бархатцы (*Tagetes*), амарант (*Amaranthus*), сальвия (*Salvia*) и цинерария (*Cineraria*).

В селитебной, транспортной, промышленной и рекреационной зонах города, отличающихся неодинаковой антропогенной нагрузкой, были отобраны пробы почвы для дальнейшего лабораторного анализа на содержание в них меди (Cu^{2+}), цинка (Zn^{2+}), свинца (Pb^{2+}) и кадмия (Cd^{2+}) — приоритетных загрязнителей городов. Мониторинговые площадки были заложены в каждой функциональной зоне города Рязани: в селитебной — внутри жилого массива микрорайона Дашково-Песочня, в транспортной — вдоль автомагистрали Московское шоссе, в промышленной — в зоне воздействия юго-восточного промузла, в рекреационной — на территории Центрального городского парка.

Параллельно с отбором почвенных образцов с тех же мониторинговых площадок в конце вегетационного периода были взяты образцы перечисленных выше декоративных цветочных культур для анализа содержания в их подземной и надземной фитомассе тяжелых металлов. Отбор проб почвы и растительного материала проводили согласно общепринятым методикам. Химический анализ по определению содержания валовых форм свинца, меди, цинка и кадмия как в почвенных, так и в растительных образцах осуществлялся атомно-адсорбционным методом в аккредитованной лаборатории.

Оценка уровня химического загрязнения почв производилась по коэффициенту концентрации химического вещества (K_c) и суммарному показателю загрязнения (Z_c)³:

$$K_c = C_i / C_{\phi} \quad (1)$$

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + \dots K_{cn}) - (n-1), \quad (2)$$

где C_i — фактическое содержание определяемого вещества в почве (мг/кг), C_{ϕ} — региональное фоновое содержание вещества в почве (мг/кг), K_{ci} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения, n — число определяемых суммируемых веществ.

В каждой цветочной культуре определялось наличие «биологического барьера» на границе «подземная (корневая) фитомасса — надземная фитомасса» и рассчитывался коэффициент биологического поглощения (A_x) тяжелых металлов по формуле, предложенной А.И. Перельманом⁴:

$$A_x = K_p / K_n, \quad (3)$$

³ Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: метод. указания / Минздрав Рос. сии. М., 1999. 23 с.

⁴ Перельман А.И. Геохимия: учеб. для геол. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.

где K_p — содержание тяжелых металлов в декоративных растениях, K_n — содержание тяжелых металлов в почве.

Проведенные нами исследования позволили установить, что валовое содержание всех исследуемых элементов в городских почвах находится в пределах предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК), а меди во всех почвенных пробах даже ниже регионального фонового значения в среднем на 50 процентов. Содержание кадмия во всех почвенных пробах было выше фонового на 66,7 процента. Содержание других тяжелых металлов в разных функциональных зонах города варьирует (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почвах разных функциональных зон города Рязани, мг/кг

Функциональная зона города	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
Региональный фон*	12,0	0,18	27,0	35,0
Транспортная	13,4	0,3	13,8	44,7
Промышленная	18,4	0,3	12,9	54,1
Рекреационная	12,2	0,3	13,8	42,4
Селитебная	14,9	0,3	12,0	51,8

* По данным Министерства природопользования и экологии Рязанской области.

Так, в почвенных образцах, отобранных в районе главного промышленного узла города Рязани — юго-восточном, отмечено максимальное из всех проб содержание свинца и цинка, превышающих фоновые значения на 53,3 процента и 54,6 процента соответственно. Вдоль основных транспортных магистралей почвенные пробы также содержат высокое количество данных металлов, но превышение фоновых значений ниже, чем в промышленной зоне: свинца — на 11,7 процента, цинка — на 27,7 процента. По нашему мнению, данный факт обусловлен тем, что вдоль основных транспортных магистралей в последние годы часто происходит замена верхнего городского почвогрунта. Загрязненный верхний почвенный слой засыпается новым, не содержащим загрязнители, или полностью снимается. Внутри промышленной и селитебной зон города данные мероприятия не проводятся. Здесь почва депонирует загрязнители из атмосферного воздуха десятилетиями. Кроме того, внутри жилых кварталов также неминуемо влияние частного автотранспорта на экологическое состояние почв. Именно по этой причине отмечается более высокое содержание свинца и цинка как в промышленной, так и в селитебной зоне, а не в транспортной.

В рекреационной зоне содержание свинца в почве незначительно, лишь на 1,7 процента, превышает фоновое значение, а цинка — на 21,1 процента. Данный факт, видимо, связан с тем, что в атмосферных выбросах предприятий цветной металлургии нашего города содержится значительное количество этого элемента

и за десятилетия их эксплуатации даже в почвах городского парка накопилось высокое содержание опасного загрязнителя.

Проведенный нами расчет коэффициента концентрации (K_c) тяжелых металлов относительно местного регионального фона показал, что в поверхностном слое почвы всех функциональных зон города сложился следующий геохимический ряд содержания исследуемых опасных загрязнителей: $Cd^{2+} > Zn^{2+} > Pb^{2+} > Cu^{2+}$ (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент концентрации (K_c) тяжелых металлов в почве города Рязани

№ п/п	Функциональная зона города	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
1.	Транспортная	1,1	1,7	0,5	1,3
2.	Промышленная	1,5	1,7	0,5	1,6
3.	Рекреационная	1,0	1,7	0,5	1,2
4.	Селитебная	1,2	1,7	0,4	1,5

Для оценки уровня загрязнения почв тяжелыми металлами был рассчитан суммарный показатель загрязнения Z_c (табл. 3).

Таблица 3

Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c)
в разных функциональных зонах города Рязани

№ п/п	Функциональная зона города	Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c)
1.	Транспортная	1,6
2.	Промышленная	2,3
3.	Рекреационная	1,4
4.	Селитебная	1,8

Согласно полученным данным во всех почвенных пробах, взятых в разных функциональных зонах города, содержание тяжелых металлов соответствует допустимому уровню (*max* — в промышленной зоне, *min* — в рекреационной зоне Центрального городского парка). Таким образом, экологическое состояние городской почвы, на которой произрастают декоративные цветочные культуры, находится в пределах допустимых нормативов.

Известно, что распределение поглощенных загрязнителей в растениях зависит от специфики биохимических процессов, протекающих в различных их частях. Поэтому концентрация одного и того же элемента в растениях различных видов или сортов будет неодинакова. Именно данная позиция лежит в основе фиторемедиации городских почв.

В городе Рязани, как и в большинстве городов Российской Федерации, в течение вегетационного периода происходит смена цветочных культур, используемых для создания клумб и цветников. Но традиционно одними из первых высаживают тюльпаны, которые характеризуются относительно непродолжительным периодом цветения (от нескольких недель до месяца) по сравнению с другими декоративными культурами. Сорта тюльпанов относятся к так называемым раннецветущим растениям и отличаются высокими декоративными качествами. Из-за короткого периода нахождения тюльпанов на клумбах города их ремедиционные качества, скорее всего, имеют чисто научный интерес. Другие декоративные цветочные растения — бархатцы (*Tagetes*), амарант (*Amaranthus*), сальвия (*Salvia*) и цинерария (*Cineraria*) — анализировались на содержание тех же химических загрязнителей (свинец, медь, никель и кадмий) в их органах в конце вегетационного периода, то есть перед самым удалением с клумб и цветников.

Расчет и оценка значений коэффициента биологического поглощения (A_x) тяжелых металлов различными цветочными растениями показывает их избирательность в накоплении того или иного металла (табл. 4) и позволяет составить биогеохимический ряд поглощения для каждой декоративной культуры:

- тюльпаны (*Tulipa*) — $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+}$;
- бархатцы (*Tagetes*) — $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+}$;
- амарант (*Amaranthus*) — $Zn^{2+} > Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$;
- цинерария (*Cineraria*) — $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Pb^{2+}$;
- сальвия (*Salvia*) — $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+}$.

Полученные результаты позволили установить, что максимальные значения A_x для большинства цветочных культур отмечаются в отношении цинка и меди. Данный факт объясняется высокой биофильностью и физиологической ролью исследуемых химических элементов (участие в биосинтезе ферментов, витаминов, ростовых веществ и т. д.). Исключение составляет амарант (*Amaranthus*). В этом растении, помимо цинка, активно накапливается свинец — высокотоксичный тяжелый металл, опасный загрязнитель почвы большинства современных городов.

Минимальные значения коэффициента биологического поглощения (A_x) кадмия и свинца — у тюльпанов (*Tulipa*), бархатцев (*Tagetes*) и сальвии (*Salvia*). По нашему мнению, это обусловлено тем фактом, что свинец и кадмий не играют существенной физиологической роли и лишь захватываются растительными организмами наряду с другими рассеянными металлами. Ни в одном из образцов цинерарии (*Cineraria*) не обнаружен кадмий.

Таким образом, было установлено, что содержание исследуемых химических загрязнителей в растениях зависит от содержания их в городской почве, но прямая зависимость отсутствует, так как растения погло-

щают микроэлементы исходя из своих физиологических и биохимических потребностей.

Таблица 4

Коэффициент биологического поглощения (A_x) тяжелых металлов различными декоративными растениями

№ п/п	Функциональная зона города	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
<i>Тюльпаны (Tulipa)</i>					
1.	Транспортная	0,03	0,04	0,38	0,59
2.	Промышленная	0,04	0,09	0,30	0,87
3.	Рекреационная	0,02	0,15	0,18	0,45
4.	Селитебная	0,02	0,08	0,23	0,35
<i>Бархатцы (Tagetes)</i>					
5.	Транспортная	0,44	0,07	0,19	0,14
6.	Промышленная	0,20	н/о	0,78	0,19
7.	Рекреационная	0,36	0,06	0,62	0,52
8.	Селитебная	0,03	н/о	0,42	0,57
<i>Амарант (Amaranthus)</i>					
9.	Транспортная	0,92	0,07	0,65	1,60
10.	Промышленная	0,93	н/о	н/о	0,19
11.	Селитебная	0,93	н/о	0,44	1,85
<i>Цинерария (Cineraria)</i>					
12.	Транспортная	0,23	н/о	1,38	3,27
13.	Промышленная	0,59	н/о	0,42	1,37
14.	Селитебная	0,76	н/о	1,03	1,62
<i>Сальвия (Salvia)</i>					
15.	Транспортная	0,15	н/о	0,67	4,88
16.	Рекреационная	0,28	0,6	0,72	1,77
17.	Селитебная	0,11	н/о	0,35	1,78

Далее, с целью оценки распределения тяжелых металлов между надземными и подземными частями растений и выявления «биологического барьера» на границе «корневая система — надземная фитомасса» у исследуемых цветочных культур было рассчитано соотношение концентраций загрязнителей в их надземной и подземной фитомассе. Данный показатель отражает интенсивность увеличения или уменьшения миграции загрязнителей по всему растению. В нашем случае это, скорее, имеет чисто научный интерес, так как после завершения цветения все декоративные растения полностью изымаются из городского грунта.

Тем не менее, установлено, что каждый из исследуемых металлов не одинаково распределяется в системе «подземная (корневая) фитомасса – надземная фитомасса» у разных цветочных культур.

Так, свинец наиболее интенсивно мигрирует и накапливается в надземной фитомассе бархатцев (*Tagetes*) и амаранта (*Amaranthus*): отношение концентрации данного металла в надземной фитомассе к подземной составляет 17,0 и 33,1 соответственно. Распределение цинка в органах всех изученных растений более-менее равномерное. Лишь у амаранта (*Amaranthus*) содержание данного элемента в надземной фитомассе в 5 раз превышает его содержание в подземной. Катионы меди наиболее активно мигрируют в надземную фитомассу бархатцев (*Tagetes*). Что касается кадмия, то данный загрязнитель равномерно распределяется между надземной и подземной фитомассой лишь у бархатцев (*Tagetes*). У других растений закономерность выявить не удалось, так как содержание данного загрязнителя в их образцах очень низкое.

Исходя из полученных экспериментальных результатов и учитывая тот факт, что образцы декоративных цветочных растений произрастали на незагрязненной почве, а лишь с высоким содержанием некоторых тяжелых металлов, считаем, что увеличение концентрации загрязнителей только усилят выявленные нами тенденции.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

– наибольшей способностью к аккумуляции в своих органах из городской почвы исследуемых тяжелых металлов (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) среди пяти изученных растений обладают бархатцы (*Tagetes*) и амарант (*Amaranthus*), что указывает на возможность их использования в качестве ремедиаторов урбанизированных территорий;

– несмотря на короткую продолжительность нахождения тюльпанов (*Tulipa*) в городской почве, данное растение активно «вытягивает» из нее цинк и медь;

– для кадмия фиторемедиаторов среди исследуемых цветочных растений не выявлено.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, Т.Н. Фиторемедиаторы территории городской агломерации [Текст] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2014. — № 2. — С. 8–12.
2. Гальченко, С.В. Оценка влияния техногенных выбросов на экологическое состояние урбанизированных систем (на примере города Рязани) [Текст] : дис. ... канд. биол. наук / РГСХА имени П.А. Костычева. — Рязань, 2002. — 160 с.
3. Гальченко, С.В. Оценка уровня и степени опасности загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почв города Рязани [Текст] / С.В. Гальченко [и др.] // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. — 2001. — № 3–4. — С. 138–143.
4. Ляпкало, А.А. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения почвы г. Рязани тяжелыми металлами [Текст] / А.А. Ляпкало, С.В. Гальченко // Гигиена и санитария. — 2005. — № 1. — С. 8.
5. Мажайский, Ю.А. Особенности почв урбанизированных территорий [Текст] / Ю.А. Мажайский, С.В. Гальченко, Т.С. Фомина // Экологические проблемы биосферы и околоземного космического пространства: теория и практика : материалы первой Рос-

сийской научно-практической конференции / Ряз. гос. ун-т имени С.А. Есенина. — Рязань, 2006. — С. 75–79.

6. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест [Текст] : метод. указания / Минздрав России. — М., 1999. — 23 с.

7. Перельман, А.И. Геохимия [Текст] : учеб. для геол. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1989. — 528 с.

REFERENCES

1. Vasil'eva, T.N. Fitoremediatory territorii gorodskoy aglomeratsii [Text] [Fitoremediatory of the territory of the urban agglomeration] // Byulleten' orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. — Bulletin of the Orenburg scientific center Uro Russian Academy of sciences. — 2014. — N 2. — P. 8–12.

2. Gal'chenko, S.V. Otsenka vliyaniya tekhnogennykh vybrosov na ehkologicheskoe sostoyanie urbanizirovannykh sistem (na primere goroda Ryazani) [Text] [Assessment of the impact of anthropogenic emissions on the ecological state of urban systems (for example, the city of Ryazan)] : Dis. ... for the degree of biological sciences / RSAA named after Professor P.A. Kostychev. — Ryazan, 2002. — 160 p.

3. Gal'chenko, S.V. Otsenka urovnya i stepeni opasnosti zagryazneniya tyazhelymi metallami poverkhnostnogo sloya pochv goroda Ryazani [Text] [Valuation of the level and severity of heavy metal pollution of surface soil in Ryazan] / S.V. Gal'chenko [et al.] // Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova. — Russian biomedical bulletin named for academician I.P. Pavlov. — 2001. — N 3–4. — P. 138–143.

4. Lyapkalo, A.A. Ekologo-gigienicheskie aspekty zagryazneniya pochvy goroda Ryazani tyazhelymi metallami [Text] [Ecological and hygienic aspects of soil contamination with heavy metals in Ryazan] / A.A. Lyapkalo, S.V. Gal'chenko // Hygiene and sanitation. — 2005. — N 1. — P. 8.

5. Mazhayskiy, Yu.A. Osobennosti pochv urbanizirovannykh territoriy [Text] [Features of urbanized areas' soil] / Yu.A. Mazhayskiy, S.V. Gal'chenko, T.S. Fomina // Ehkologicheskiiye problemy biosfery i okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva: teoriya i praktika : Materialy pervoy Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. — Ecological problems of the biosphere and the near-Earth space : Theory and Practice Materials of the first Russian scientific-practical conference / Ryazanskiy gosudarstvennyy universitet imeni S.A. Esenina — Ryazan State University named for S. Yesenin. — Ryazan, 2006. — P. 75–79.

6. Gigienicheskaya otsenka kachestva pochvy naseleennykh mest [Text] [Hygienic assessment of soil quality of populated areas] : Metodicheskie ukazaniya — Methodological instructive regulations / Minzdrav Rossii — Ministry of health of the Russian Federation. — М., 1999. — 23 p.

7. Perel'man, A.I. Geokhimiya [Text] [Geochemistry] : Ucheb. dlya geol. spets. vuzov. — Geologic college textbook. — Ed. 2, add. — М. : Higher school, 1989. — 528 p.

S.V. Galchenko, Yu.A. Mazhayskiy, T.M. Guseva, A.S. Cherdakova

PHYTOREMEDIATION OF URBAN SOILS CONTAMINATED BY HEAVY METALS, USING ORNAMENTAL FLOWER CROPS

This article presents the results of a series of experimental laboratory and field studies to assess the ability of the decorative flower crops used for urban greening, to the accumulation of heavy metals in their bodies — phytoremediation, which contributes to improvement of the state

of the urbanized territories. As the test objects were considered five flower cultures: tulips (*Tulipa*), marigold (*Tagetes*), Amaranth (*Amaranthus*), salvia (*Salvia*) and cineraria (*Cineraria*).

Studies have been conducted in the framework of the project, supported by RFBR grant 15-05-04554 № “Phytoremediation of urban soils contaminated by heavy metals, ornamental flower crops and lawn grasses”.

decorative floral culture, the coefficients of biological accumulation, heavy metals, urban areas, phytoremediation of soils.