RUDN Journal of Ecology and Life Safety
Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности
2019 Vol. 27 No. 1 51–58
http://journals.rudn.ru/ecology

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58
УДК 502.521:574.21
Научная статья

Использование экологических свойств растений-гипераккумулянтов для снижения техногенной нагрузки на прилегающие к Московскому аэропорту Домодедово территории

С.Х. Солтанов

Московский государственный областной университет
Российская Федерация, 141014, Мытищи, ул. Веры Волошиной, 24

Аннотация. В статье представлены химические элементы с наибольшим содержанием валовых и подвижных форм в почвенном растворе грунта приаэродромной территории Московского аэропорта Домодедово. В работе рассмотрены важнейшие виды растений-гипераккумулянтов, которые могут стабилизировать геохимическую обстановку вокруг аэропорта. В таблицы сведены виды, способные в кратчайшие сроки при правильном применении их экологических свойств сорбировать несколько металлов-загрязнителей. В ходе исследования определены особенности поллютантов почвенного покрова земель около авиационного узла. В заключение разработаны рекомендации по снижению техногенной нагрузки на прилегающие к аэропорту земли с помощью создания фитобуферов.

Ключевые слова: Московский аэропорт Домодедово; гипераккумулянты; гиперустойчивость; фитобуфер; фиторемедиация

Введение

Деятельность каждого авиапредприятия сопровождается ощутимым воздействием на компоненты окружающей среды (ОС). В условиях современности Московский аэропорт Домодедово – один из крупнейших и ключевых транспортных узлов Восточной Европы, играющий важную роль в экономике региона. Тем не менее функционирование такого крупного объекта не может не сопровождаться изменениями природной среды.

Необходимо обратить внимание на источники загрязнения от системы авиационного узла, которые складываются из стационарных и передвижных объектов. Особая роль, выражающаяся в рассеивании различных частиц вдоль взлетно-посадочных маршрутов, принадлежит воздушным судам (ВС) [2]. Распределение поллютантов по поверхности почв непрерывно связано с характером источников загрязнения, метеорологическими, геологическими и геоморфологическими особенностями, естественными геохимическими факто-

© Солтанов С.Х., 2019
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

рами [3]. В зоне аэропорта почвенные образования загрязнены солями тяжелых металлов (Cr, Ni, Pb, ZN и др.) и органическими соединениями (нефтепродуктами и гликолями).

Материалы и методы исследования

В РФ для многих металлов предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания в почвах не определены. По этой причине не представляется возможным сравнение всех полученных в исследовании результатов с санитарно-эпидемиологическими нормативами. Исходя из этого, концентрацию химических элементов, ПДК которых не определена, нагляднее анализировать в объеме почвенного раствора. Изучение образцов произведено по методикам [7; 9; 10] с помощью масс-спектрометра ELAN-6100 и в соответствии с действующими нормативными актами [20; 21].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 занесена информация о химических элементах с наибольшим значением, которые представляют опасность для человека и ОС. Кроме мышьяка и стронция, для элементов табл. 1 не приняты предельно-допустимые значения содержания в почвах, контролируемые на уровне государства. Лантаноиды увеличивают накопление кальция в митохондриях клеток микроорганизмов. При постоянном поступлении оксидов иттрия и хлоридов лантана происходит их накопление в скелете, печени (поражение паренхимы), почках и селезенке, что объясняется образованием стойких соединений с белками. Помимо этого, процессы накопления характеризуются расстройствами гемодинамики в указанных органах и биохимическими изменениями в углеводном, липидном, пептидном, минеральном и энергетическом обменах. Токсическое действие увеличивает интенсивность окислительно-восстановительных процессов и сдвигает калий-кальциевый обмен [11–13].

Роль самария в биологии практически не изучена. Гафний и его соединения повреждают печень. Хлорид гафния при 10 мг/кг вызывает кардиоваскулярный коллапс и задержку дыхания у домашних животных [14].

Таблица 1/Table 1

Содержание валовых и подвижных форм среднемаксимальных значений элементов (мкг/дм^3) в почвогрунте [The content of gross and mobile forms of average maximum values of the elements (μg/dm^3) in the soilground]

Химический элемент [Chemical element]	Валовое содержание [Gross content]		Подвижная форма [Mobile form]	
	Почвенный горизонт [Soil layer]			
	A	***B***	***A***	***B***
Sr	95	70	17	14
Y	–	–	11	7
La	–	–	10,1	6,6
Nd	–	–	15	8,9
Sm	–	–	3,3	1,9
As	12,6	7,6	0,34	0,8
Hf	5,1	2,5	0,019	0,017

Из диаграммы растворенных форм металлов, представленных на рисунке, возможно сделать ряд выводов. Наибольшая концентрация элементов (кроме свинца) наблюдается в снеге, благодаря высокой сорбционной способности, что позволяет рассматривать его как своеобразный индикатор состояния ОС. Снижение значений загрязнителей вниз по профилю объясняется отчасти гранулометрическим составом и уплотнением грунта и меньшей доступностью для поступления с поверхности.

Наличие высоких значений титана и хрома в снеге и почве территории объясняется его вхождением в состав сплавов для фюзеляжей ВС и двигателей. Не стоит забывать о том, что для транспортных объектов характерно изменение физико-химических свойств грунтов, связанное с извлечением или добавлением значительных земляных масс. Экотоксикологические особенности хрома, никеля, свинца, меди хорошо изучены [15–17].

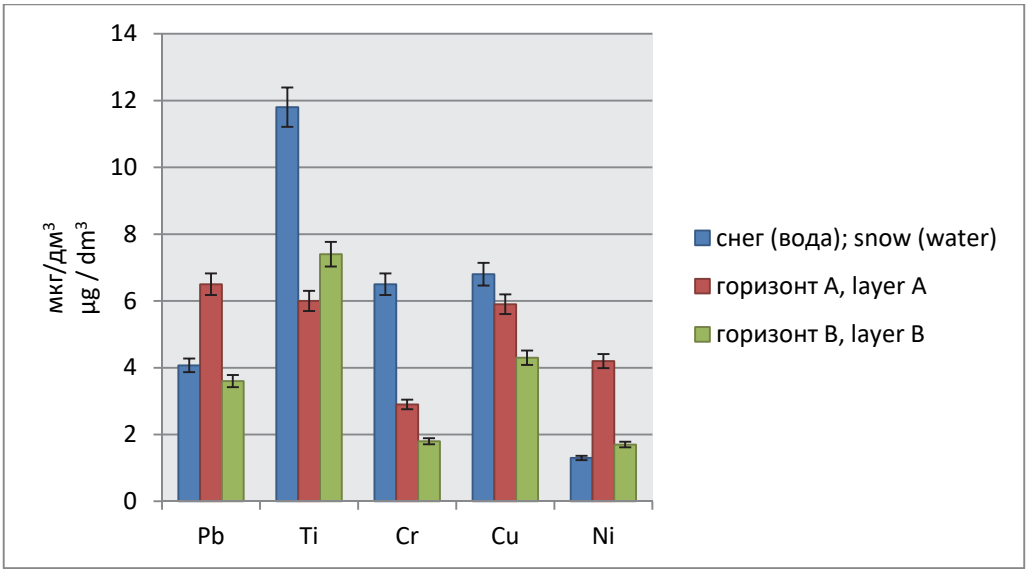


Рисунок. Содержание (*N*) растворенных форм различных металлов (мкг/дм^3) в исследованных образцах [**Figure.** Content (*N*) of dissolved forms of various metals (µg/dm^3) in the studied samples]

Полученные результаты сопоставлялись с проведенными ранее исследованиями [1; 8], выявившими локальные изменения геохимической обстановки. Они касались значений (мг/кг) почвогрунта кадмия (0,197), цинка (2,754) и свинца (3,4) на примыкающих к транспортному объекту землях. Фоновое содержание кадмия (0,01), цинка (1,35), и свинца (0,7) снизилось по сравнению с 2006 годом, что можно связать с уменьшением частоты взлетно-посадочных операций, производимых на территории авиаузла и переход на более экологичное топливо.

Для уменьшения экологической нагрузки на близлежащие к аэропорту Домодедово земли требуется применение естественных свойств флоры. С этой целью эффективно применять виды растений, обладающие высоким уровнем устойчивости к определенным тяжелым металлам. Гипераккумулирующие генотипы являются основой для фиторемедиации [4]. В целом способность к максимальному накоплению тяжелых металлов у растений определяется

механизмами поглощения (эффективностью адсорбции ионов) и транспорта металлов, а их устойчивость к избытку металла – механизмами их детоксикации и сохранения ионного гомеостаза [3; 5].

Среди ремедиантов около 300 видов (почти 75 %) являются накопителями никеля и только 20–30 аккумулируют кобальт, медь, цинк. Сверхнакопление кадмия и свинца – более редкое явление среди высших растений [5]. Процессы поступления поллютантов в растения отличаются достаточной сложностью и зависят от характера и концентрации загрязняющего вещества, морфологических и физиологических особенностей особей, условий ОС [5; 6].

В табл. 2 представлены самые эффективные растения-сверхаккумулянты, которые можно использовать в районе расположения аэропорта. Известно, что хорошо изучены экологические свойства ярутки голубоватой (*Thlaspi caerulescens*), которая накапливает кадмий, никель и цинк. По физиологическим, морфологическим и генетическим характеристикам она считается модельным объектом для исследования процесса гипераккумуляции. Растение характеризуется повышенной способностью поглощать металлы из почвы и транспортировать из корня в побег, аккумулируя в листьях. Горчица русская (*Brassica juncea*) выделяется значительной массой и интенсивной аккумуляцией кадмия, меди, никеля, свинца, селена, цинка [3; 19].

Таблица 2/Table 2

Растения-гипераккумулянты различных металлов, в том числе главных экотоксикантов [3]
[Hyperaccumulate-plants of various metals, including the main eco-toxicants [3]]

	Cd	**Zn**	**Pb**	**Ni (количество видов) [number of species]**
Избирательные гипераккумулянты [Selective hyperaccumulants]	*Arabidopsis halleri, Thlaspi goesingense*	*Arabidopsis halleri, Armeria maritima, Armeria plantaginea, Thlaspi calaminaria, Thlaspi alpestre, Viola calaminaria, Thlaspi capeaefolium, Silene vulgaris*	*Armeria maritima, Helianthys annus, Thlaspi rotundifolium*	*Alyssum* (50), *Leucocroton* (30), *Thlaspi* (20), *Phyllanthus* (40)
Универсальные гипераккумулянты [Universal hyperaccumulants]	*Brassica juncea*		Cd, Cu, Ni, Pb, Se, Zn	
	Minuartia verna		Ni, Zn	
	Thlaspi caerulescens		Cd, Pb, Zn	
	Sedum alfredii		Cd, Zn	
	Polycarpea glabra		Pb, Zn	

Размещение вокруг аэропорта комплексного фитобуфера – одно из решений для локализации загрязнения природной среды. Состав фитобарьера необходимо сформировать из группы избирательных и универсальных гипераккумулянтов.

Заключение

Поскольку загрязнение почв не ограничивается одним металлом, горчица русская (*Brassica juncea*) может стать решением проблемы накопления поллютантов в почвогрунтах приаэропортовых земель из-за ее низкой себестоимости, высоких экологических свойств и широкого диапазона толерантности. Эффективность извлечения [18] металлов из почвенного раствора

растением этого вида доходит до 73 %, благодаря чему очевидны все ее преимущества.

Посев предложенного представителя флоры между рулежными дорожками, на незанятых объектами инфраструктуры аэропорта землях локализует загрязнение ОС и оптимизирует экологическую политику предприятия. Описанные выше процедуры позволят аэропорту Домодедово соответствовать наивысшим мировым экологическим стандартам в области гражданской авиации.

Список литературы

[1] *Голубев С.В.* Загрязнение почв округа «Домодедово» тяжелыми металлами: дис. ... канд. геогр. наук. М., 2007.

[2] Экология (воздушный транспорт): пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ. М.: МГТУ ГА, 2015. 48 с.

[3] *Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М.* Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие / Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с.

[4] Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие / сост. Р.В. Кайгородов; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. 151 с.

[5] *Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф.* Устойчивость растений к тяжелым металлам / отв. ред. Н.Н. Немова; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.

[6] *Лебедева Е.Г., Шарапова Н.В., Свиридов О.А., Ревкова Е.Г., Ветеркова З.А., Красиков С.И.* Методы защиты человека от воздействия приоритетных поллютантов: учебно-методическое пособие. Оренбург: Оренб. гос. ин-т менеджмента, 2011. 141 с.

[7] Методика анализа НСАМ № 500-МС. Определение элементного состава азотнокислых и ацетатно-аммонийных вытяжек из почв методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

[8] *Белобров В.П., Голубев С.В.* Техногенное загрязнение почв в зоне влияния аэропорта «Домодедово» // Агрохимический вестник. 2007. № 5. С. 26–28.

[9] Методика анализа НСАМ № 499-АЭС/МС. Определение элементного состава горных пород, почв, грунтов и донных отложений атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой методами.

[10] Методика анализа НСАМ № 480-Х. Определение элементного состава природных и питьевых вод методом ICP-MS (ред. 2006 г., изм. № 1 от 13.04.2011 г.).

[11] Токсикология молодых продуктов деления. С. 23. URL: https://poznayka.org/s30420t1.html (дата обращения: 10.12.2018).

[12] *Жалсараева Д.М.* Побочные действия иттрия сульфата: дис. … канд. мед. наук. Улан-Удэ, 2002.

[13] Малое предприятие региональный токсиколого-гигиенический информационный центр «ТОКСИ». URL: http://toxi.dyndns.org/base/nonorganic/TR.htm (дата обращения: 10.11.2018).

[14] Биогеохимический потенциал и здоровье. С. 8. URL: https://pandia.ru/text/79/494/2935-8.php (дата обращения: 10.11.2018).

[15] *Мамырбаев А.А.* Токсикология хрома и его соединений: монография. Актобе, 2012. 284 с.

[16] *Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. и др.* Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 368 с.

[17] *Каплин В.Г.* Основы экотоксикологии: учебное пособие. М.: КолосС, 2006. 232 с.

[18] *Kathal R., Malhotra P., Kumar L., Uniyal P.L.* Фитоэкстракция Pb и Ni из загрязненной почвы *Brassica juncea L.* // J. Environ Anal. Toxicol. 2016. Vol. 6. Issue 5. P. 394. DOI: 10.4172/2161-0525.1000394
[19] *Галиулин Р.В., Галиулина Р.А.* Очистка почв от тяжелых металлов с помощью растений // Вестник Российской академии наук. 2008. Т. 78. № 3. С. 247–249.
[20] МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (утв. Минздравом РФ 07.02.1999).
[21] ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве (с изменениями на 26 июня 2017 года).

История статьи:
Дата поступления в редакцию: 20.02.2019
Дата принятия к печати: 27.02.2019

Для цитирования:
Солтанов С.Х. Использование экологических свойств растений-гипераккумулянтов для снижения техногенной нагрузки на прилегающие к Московскому аэропорту Домодедово территории // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 51–58. http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58

Сведения об авторе:
Солтанов Сеймур Хикметович – аспирант Московского государственного областного университета. ORCID iD: 0000-0001-6002-2509; eLIBRARY SPIN-код: 9485-6299; Scopus Author ID: 57196454219. *Контактная информация:* e-mail: sej99@yandex.ru

Research article

The using of ecological properties of plant-hyperaccumulants for reducing man-made load on adjacent to the Moscow Domodedovo Airport territories

Seymour Kh. Soltanov

Moscow State Regional University
24 Very Voloshinoy St., Mytischi, 141014, Russian Federation

Abstract. The article presents the chemical elements with the highest content of gross and mobile forms in the soil solution of ground near the aerodrome area of the Moscow Domodedovo Airport. The most important types of plant-hyperaccumulants, which can stabilize the geochemical situation around airport are considered in the paper. The types of plants which can sorb in shortest time some metals-pollutants are brought together in tables. Thanks to the research, the features of pollutants of the soils near the aviation hub are defined. Part of the study had become the development recommendations on reduction of environmental burden on adjacent to the airport lands through the creation of phytobuffers.

Keywords: Moscow Domodedovo Airport; hyperaccumulants; hypersteadness; phytobuffer; phytoremediation

References

[1] Golubev SV. *Soil contamination of the Domodedovo District with heavy metals* (Dissertation of Candidate of Geographical Sciences). Moscow; 2007.

[2] *Ecology (air transport): a handbook for the study of discipline and the performance of tests.* Moscow: MSTU GA Publ.; 2015.

[3] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM. *Physiological basis of plant resistance to heavy metals: study guide.* Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; 2011.

[4] Kaigorodov RV. (comp.) *Resistance of plants to chemical pollution: textbook*. Perm; 2010.

[5] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM, Laydinen GF. *Plant resistance to heavy metals.* Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; 2007.

[6] Lebedeva EG, Sharapova NV, Sviridov OA, Revkova EG, Vetherkova ZA, Krasikov SI. *Methods of protecting humans from exposure to priority pollutants: educational and methodical manual.* Orenburg: Orenburg State Institute of Management; 2011.

[7] Methods of analysis of NSAM No. 500-MS. *Determination of the elemental composition of nitrate and ammonium acetate extracts from soils using inductively coupled plasma mass spectrometry.*

[8] Belobrov VP, Golubev SV. Technogenic pollution of soil in the zone of influence of the Domodedovo airport. *Agrochemical messenger.* 2007;(5): 26–28.

[9] Method of analysis of NSAM No. 499-AES/MS. *Determination of the elemental composition of rocks, soils, soils and bottom sediments by atomic emission with inductively coupled plasma and mass-spectral to inductively coupled plasma methods.*

[10] The method of analysis of HCAM No. 480-X. *Determination of the elemental composition of natural and drinking water by the ICP-MS method* (edition of 2006, amendment No. 1 of April 13, 2011).

[11] *Toxicology of young fission products*. p. 23. Available from: https://poznayka.org/s30420t1.html (accessed 10.12.2018).

[12] Zhalsaraeva DM. *Side effects of yttrium sulfate* (Dissertation of Candidate of Medical Sciences). Ulan-Ude; 2002.

[13] Small enterprise regional toxicological and hygienic information center "TOXI". Available from: http://toxi.dyndns.org/base/nonorganic/TR.htm (accessed 10.11.2018).

[14] *Biogeochemical potential and health.* p. 8. Available from: https://pandia.ru/text/79/494/2935-8.php (accessed 10.11.2018).

[15] Mamyrbaev AA. *Toxicology of chromium and its compounds: monograph.* Aktobe; 2012.

[16] Bingam FT, Costa M, Eichenberger E. et al. *Some Issues of Toxicity of Metal Ions.* Moscow: Mir Publ.; 1993.

[17] Kaplin VG. *Fundamentals of ecotoxicology: textbook.* Moscow: KolosS Publ.; 2006.

[18] Kathal R, Malhotra P, Kumar L, Uniyal PL. Phytoextraction of Pb and Ni from contaminated soil *Brassica juncea L. J. Environ Anal. Toxicol.* 2016;6(5): 394. DOI: 10.4172/2161-0525.1000394.

[19] Galiulin R, Galiulina RA. Soil removal from heavy metals with the help of plants. *Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2008;78(3): 247–249.

[20] MU 2.1.7.730-99. *Hygienic assessment of the quality of the soil populated areas* (approved by Ministry of Health of the Russian Federation, 7 February 1999).

[21] GN 2.1.7.2041-06. *The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil* (amended on 26 June 2017).

Article history:
Received: 20.02.2019
Revised: 27.02.2019

For citation:
Soltanov SKh. The using of ecological properties of plant-hyperaccumulants for reducing man-made load on adjacent to the Moscow Domodedovo Airport territories. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety.* 2019;27(1): 51–58. http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58

Bio note:
Seymour Kh. Soltanov – graduate student of the Moscow State Regional University. ORCID iD: 0000-0001-6002-2509; eLIBRARY SPIN-code: 9485-6299; Scopus Author ID: 57196454219. *Contact information:* e-mail: sej99@yandex.ru