

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБНОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФЛОРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ К АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Статья посвящена изучению способности древесных и кустарниковых растений городских территорий к поглощению тяжелых металлов. В ходе исследования была выявлена избирательная способность некоторых представителей флоры в условиях городов Оренбурга и Бузулука к аккумуляции меди и цинка.

Ключевые слова: загрязнение почв, фиторемедиация, тяжелые металлы, урбоэкосистема.

Химическое загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами представляет собой совершенно особую экологическую проблему. Почвы связывают многие соединения в малоподвижные и недоступные растениям формы, предохраняя их тем самым от поступления тяжелых металлов или других элементов и веществ. Выполняя эту защитную роль, почвы все в большей мере сами подвергаются загрязнению, и их протекторная функция постепенно ослабевает [11].

В настоящее время уже разработан целый ряд мероприятий по физической, химической и биологической детоксикации почв, загрязненных различными формами тяжелых металлов (ТМ) [12].

Современные технологии по фиторемедиации почвы могут основываться на разных методологических подходах, таких как фитоэкстракция, ризофильтрация, фитодеградация, фитостабилизация и др.

Фиторемедиация – это наиболее эффективный и экономически выгодный метод очистки почв урбанизированных территорий от ТМ, т. к. она способствует не только удалению или консервации на длительный период времени загрязнителей, но и препятствует выщелачиванию почв и тем самым улучшает их плодородие [3], [4], [14].

Необходимо отметить, что фитоэкстракционные технологии только начинают развиваться. Для их масштабного применения необходимы активные поиски растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов и органических токсиантов, выявление генов, ответственных за фитоэкстракционные характеристики растений, установление последовательности биохимических превращений веществ и, наконец, вы-

явление технологических особенностей всего процесса фитоэкстракции [10], [14].

За последние годы на территории Южного Урала были выполнены исследования по изучению способности представителей местной флоры к поглощению тяжелых металлов [1], [9], [12]. Настоящая работа является продолжением комплексных исследований по изучению закономерностей аккумуляции ТМ в почвенном и растительном покрове Оренбургского Предуралья.

Объекты и методы исследования

Исследования, проводились в 2009–2012 гг. на территории городов Оренбург и Бузулук Оренбургской области. Оба представляют собой крупные административные и промышленные центры. Высокая концентрация автомобильного транспорта и промышленных предприятий на их территории приводит к росту загрязняющих веществ в воздухе и почвенном покрове [9], [11], [13].

Объектами исследования послужили почвенный покров городов Оренбурга и Бузулука (естественные слабораушенные черноземы и урбано-земы) и растения (кустарниковая форма – *Rosa majalis* HERRM., древесная форма – *Populus nigra* L., *Malus sylvestris* (L.) MILL., *Sorbus aucuparia* L.).

Комплексные работы включали маршрутное обследование ключевых участков и отбор образцов почв методом конверта. Параллельно был произведен сбор надземных частей растений (листьев) в конце вегетационного периода, когда накопление в листьях растений ТМ достигает своего максимума. Для получения наиболее достоверных результатов были исследованы не менее пяти участков произрастания каждого вида растений, всего было исследова-

но по 32 образца почв и растений. Участки исследования располагались в зоне жилой застройки и на территории парковой зоны городов.

Выбор элементов для исследования процессов биогенной миграции связан с проведением предварительного анализа литературных данных, которые свидетельствуют о доминирующей роли меди, цинка, свинца и кадмия в составе загрязнителей территории Оренбургской области [5], [7], [9].

Определение концентраций подвижных форм тяжелых металлов в почвах и растениях проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спектр» СП-115 для Cd, Pb – в соответствии с РД 52.18.289-90, Cu – ГОСТ 50683-94, Zn – ГОСТ 50686-94, повторность опыта 3–5 кратная.

Результаты исследования

Почвенный покров в пределах контрольных участков исследования был представлен черноземами обыкновенными (Бузулук и Оренбург) и южными (Оренбург) разной степени карбонатности, мало- и среднегумусными, мало- и среднемоющими, тяжело- и среднесуглинистыми. Для почв характерно отсутствие явных признаков антропогенеза, за исключением их загрязнения ТМ и частичной турбации почвенного профиля.

Для оценки экологического состояния почвенного покрова участков исследования был использован геохимический показатель – коэффициент загрязнения потенциально-доступными формами ТМ (Кпз) (А.И. Карпунин, Н.Н. Бушуев, 2007) (таблица 1). Он определяется как отношение содержания подвижной формы элемента на конкретном участке к таковому фоновому [8].

Коэффициент загрязнения потенциально-доступной формой меди варьировал от 0,34 до 4,9, т. е. содержание подвижной формы металла не превышало таковое на фоновом только на участках произрастания *Sorbus aucuparia*, *Malus sylvestris* и *Rosa majalis*. Сходная картина наблюдалась и для кадмия. Для этого показателя по цинку характерна незначительная динамика от 6,7 до 5,9 с минимальным превышением значения содержания элемента фонового участка на участке произрастания *Populus nigra* (3,2).

Судя по коэффициенту загрязнения потенциально-доступной формой свинца, в пределах

городской среды на изученных участках исследования содержание подвижной формы элемента превышало фоновый участок в 2,6–4,3 раза.

Работами Н.Н. Цветковой (1977), В.Г. Кудряшовой (2003) и Е.А. Войтюк (2011) было показано, что жестких корреляционных связей между валовым содержанием ТМ в почвах и растениях не прослеживается [6], [8]. Поэтому при изучении способности растений к аккумуляции ТМ целесообразнее определять не их валовое содержание в почве, а подвижную форму, как наиболее доступную для живых организмов.

Растения различного генотипа обладают избирательной поглощательной способностью в отношении тяжелых металлов. Механизмы поглощения металла, накопления, исключения, транслокации, осморегуляции и компартментации изменяются в зависимости от каждого вида растений и определения его роли в фиторемедиации [4], [14].

Для установления видовой специфики растений в поглощении тяжелых металлов не достаточно определять лишь их абсолютное содержание, т. к. полученные результаты для растений, произрастающих на участках с разным уровнем почвенного загрязнения, сравнивать некорректно. Поэтому для оценки их ремедиационного потенциала был использован коэффициент усвоения элементов (КУ). Коэффициент усвоения рассчитывался как отношение содержания элемента в золе растений (КУ) к содержанию его подвижной формы в почве (М.В. Злобина, 2010) [6].

Расчет коэффициента усвоения элементов наиболее точно отражает миграцию тяжелых металлов из почвы в растения и позволил выявить некоторые закономерности их аккумуляции (рисунок 1).

Значение коэффициента усвоения для меди варьирует от 0,6 до 7,9, так для *Sorbus aucuparia* и *Rosa majalis* было отмечено его максимальное

Таблица 1. Коэффициент загрязнения почв участков исследования потенциально-доступной формой элементов

Элементы	Участки произрастания			
	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Malus sylvestris</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Rosa majalis</i>
Cu	0,36	0,39	4,6	0,34
Zn	6,7	6,6	3,2	6,5
Pb	2,7	2,6	4,3	2,8
Cd	1,3	1,4	5,2	1,5

значение по отношению к меди (6,5 и 7,9) и свинцу (0,21 и 0,26). Поглощение цинка растениями описывается меньшим по значению коэффициентом усвоения (от 2,8 до 0,3). Максимальное поглощение цинка наблюдалось у *Populus nigra*. Поглощение кадмия описывается низкими значениями данного показателя.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что из четырех представителей флоры городов Оренбурга и Бузулука наиболее активная аккумуляция цинка, меди, свинца и кадмия была отмечена для *Rosa majalis*.
2. Выявлена избирательность биологического поглощения: для меди у *Rosa majalis*, *Malus sylvestris*, *Sorbus aucuparia* и для цинка у *Populus nigra*.

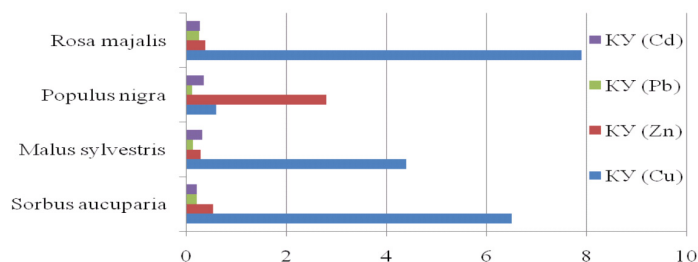


Рисунок 1. Коэффициенты усвоения тяжелых металлов представителями городской флоры

3. Максимальная способность представителей *Populus nigra* к аккумуляции цинка проявилась на участке с наименьшим суммарным загрязнением почв, в поглощении меди, свинца и кадмия подобная зависимость не наблюдается.
- 1.09.2013

Список литературы:

1. Анилова, Л. В. Аккумуляция тяжелых металлов растениями – типичными представителями флоры г. Оренбурга / Л. В. Анилова, О. В. Примак, Т. Н. Васильева // Известия ОГАУ. – 2013. – №2. – С. 223-225.
2. Вельков, В. В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы / В. В. Вельков // Биотехнология. – 1995. – №3. – С. 20-27.
3. Галиулин, Р. В. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // Агрохимия. – 2003. – №3. – С. 77-85.
4. Галиулин, Р. В. Очистка почв от тяжелых металлов с помощью растений / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // Вестник Российской академии наук. – 2008. – Т. 78. – №3. – С. 247-249.
5. Госдоклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2010 – 2011 гг.» / Составители: В. С. Белов, В. А. Белокуров, Н. А. Бондаренко, Н. Е. Вяльцина, Т. Н. Ганина, С. Ю. Домников, А. А. Жуков, С. Г. Жуков, Н. Ф. Жутов, А. С. Зобков, В. И. Зубанков, П. Я. Иванов, А. А. Карханин, В. В. Коваленко, О. В. Косолапов, В. Н. Кретов, А. В. Лабузов, М. Г. Маслов, А. И. Пуляев, А. В. Семехин, Л. П. Сквородко, А. Н. Садчиков, Л. И. Сторожук, С. А. Соловьев, Т. В. Соломко, И. В. Ткачев, В. П. Тонких, В. А. Шориков, А. А. Чибилев. – Режим доступа: <http://mpg.orb.ru/ecology/129.html>.
6. Злобина, М. В. Изучение ремедиационного потенциала сельскохозяйственных, дикорастущих и декоративных растений: автореф. дис. канд. биол. наук / М. В. Злобина. – Москва, 2010. – 21 с.
7. Грошев, И. В. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова степной зоны Южного Урала (на примере Оренбургской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. В. Грошев. – Оренбург, 2004. – 22 с.
8. Карпухин, А. И. Распределение тяжелых металлов по молекулярно-массовым фракциям гуминовых кислот почв длительных полевых опытов / А. И. Карпухин, Н. Н. Бушуев // Почвоведение. – 2007. – №3. – С. 292-301.
9. Климентьев, А. И. Геоэкологическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий (на примере г. Оренбурга) / А. И. Климентьев, И. В. Ложкин, А. П. Трубин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 181 с.
10. Кудряшова, В. И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: дис. канд. биол. наук / В. И. Кудряшова. – Саранск, 2003.
11. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв: учеб. пособие / под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
12. Русанов, А. М. Содержание тяжелых металлов в плодах яблони в городских условиях / А. М. Русанов, Е. З. Савин, С. Э. Нигматянова, М. М. Нигматянов, М. А. Степанова // Вестник ОГУ. – 2011. – №1. – С. 148-151.
13. Яковичина, Т. Ф. Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Перспективы использования фиторемедиации на загрязненных тяжелыми металлами почвах урбанизированных территорий / Т. Ф. Яковичина, К. Н. Столярова, О. А. Яковенко // Экология. Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: материалы всероссийской конференции «Дни науки-2009». – Режим доступа: http://rusnauka.com/8_DNI_2009/Ecologia/43516.doc.htm.
14. McIntyre, T. Phytoremediation of heavy metals from soils // Adv Biochem. End Biotechnol. – 2003. – P. 97-123.

Сведения об авторах:

Галактионова Людмила Вячеславовна, доцент кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук,
e-mail: anilova.osu@mail.ru

Тесля Анастасия Валерьевна, доцент кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук,
e-mail: teslya_nastya@mail.ru

Степанова Марина Александровна, аспирант кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, e-mail: sma.21_1987@mail.ru
Ануфриенко Александр Александрович, студент кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, e-mail: anuf92@bk.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 16214, тел. (3532) 372480

UDC 581.6

Galaktionova L.V., Stepanova M.A., Teslya A.V., Anufrienko A.V.

Orenburg state university, e-mail: anilova.osu@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ABILITY OF FLORA URBAN AREAS TO ACCUMULATION OF HEAVY METALS

The paper studies the ability of trees and shrubs in urban areas to absorb heavy metals. The study was identified Election ability of some species of flora in the city of Orenburg and Buzuluk to the accumulation of copper and zinc.

Key words: soil contamination, phytoremediation, heavy metals, urban ecosystems.

Bibliography:

1. Anilova, L.V. Accumulation of heavy metals by plants – typical of the flora of Orenburg / L. V. Anilova, O.V. Primak, T. N. Vasilyeva // News OGAU. – 2013. – №2. – S. 223-225.
2. Velkov, V. V. Bioremediation: principles, problems, approaches / V. V. Velkov // Biotechnology. – 1995. – №3. – Pp. 20-27.
3. Galiulin, R. V. phytoextraction of heavy metals from contaminated soils / R. V. Galiulin, R. A. Galiulina // Agrochemicals. – 2003. – №3. – S. 77-85.
4. Galiulin, R. V. Ochistka soil from heavy metals by plants / R. V. Galiulin, R. A. Galiulina // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2008. – T. 78. – №3. – S. 247-249.
5. State Report «On the state and protection of the environment of the Orenburg region in 2010 – 2011 years» / Compiled by V. S. Belov, V. A. Belokurov, N. A. Bondarenko, N. E. Vyaltsina, T. N. Ganina, S. Y. Domnikov, A. A. Zhukov, S. G. Zhukov, N. F. Zhutov, A. S. Zobkov, V. I. Zubankov, P. J. Ivanov, A. A. Karhanin, V. V. Kovalenko, O. V. Kosolapov, V. N. Kretov, A. V. Labuzov, M. G. Maslov, A. I. Puliaev, A. V. Semehin, L. P. Skovorodko, A. N. Sadchikov, L. I. Storozhuk, S. A. Soloviev, T. V. Solomko, I. V. Tkachev, V. P. Tonkih, V. A. Shorikov, A. A. Chibilev. – Mode of access: <http://mpr.orb.ru/ecology/129.html>.
6. Zlobina, M. V. Study of remediation potential of agricultural, wild and ornamental plants: Author. dis. Candidate. biol. Science / M. V. Zlobina. – Moscow, 2010. – 21.
7. Grosev, I. V. Evaluation of ecological and geochemical conditions of the soil cover of the steppe zone of the Southern Urals (Orenburg region for example): Author. dis.... Candidate. biol. Science / I. V. Grosev. – Orenburg, 2004. – 22.
8. Karpuhin, A. I. Distribution of heavy metals on the molecular weight fractions of humic acids in soils long-term field experiments / A. I. Karpuhin, N. N. Bushuev // Soil Science. – 2007. – №3. – S. 292-301.
9. Klimentev, A. I. Geoecological assessment of soil in urban areas (for example, Orenburg) / A. I. Klimentev, I. V. Lozhkin, A. P. Trubin. – Ekaterinburg: Ural Branch of RAS, 2006. – 181 p.
10. Kudryashov, V. I. Accumulation of heavy metals wild plants: Dis. Candidate. biol. Science / V. I. Kudryashov. – Saransk, 2003.
11. Soil and environmental monitoring and protection of soils: studies. manual / Ed. D. S. Orlov, V. D. Vasilievskaya. – Moscow: Moscow State University Press, 1994. – 272.
12. Rusanov, A. M. Heavy metal content in the fruits of apple trees in an urban environment / A. M. Rusanov, E. Z. Savin, S. E. Nigmatyanova, M. M. Nigmatyanov, M. A. Stepanova // Herald OSU. – 2011. – №1. – S. 148-151.
13. Yakovishina, T. F. Environmental and meteorological problems of big cities and industrial zones. Prospects for the use of phytoremediation to heavy metal contaminated soils in urban areas / T. F. Yakovishina, K. N. Stolyarov, O. A. Yakovenko // Ecology. Environmental and meteorological problems of big cities and industrial zones: the All-Russian conference «Science Days 2009». – Mode of access: http://rusnauka.com/8_DNI_2009/Ecologia/43516.doc.htm.
14. McIntyre, T. Phytoremediation of heavy metals from soils // Adv Biochem. End Biotechnol. – 2003. – P. 97-123.