

ПЕРСПЕКТИВЫ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. ОРЕНБУРГА)

Статья посвящена изучению способности представителей вида *Populus nigra* L. к поглощению тяжелых металлов в условиях г. Оренбурга. В ходе исследования рассчитаны коэффициенты накопления цинка, меди, свинца и кадмия, а также их концентрация в свежем растительном материале.

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

Почва как один из основных компонентов биосферы аккумулирует в себе большое количество тяжелых металлов (ТМ). В этой связи в почвах изучают содержание широкого круга потенциально токсичных для живых организмов элементов [1, 2, 3].

К числу наиболее перспективных методов очистки почв и грунтов от ТМ является фиторемедиация. В настоящее время перспективным направлением в выявлении растений-ремедиаторов является подбор среди культурных или местных дикорастущих растений видов, производящих большую биомассу и максимально аккумулирующих тяжелые металлы в надземной биомассе [1, 4, 5]. Способность растений к гипераккумуляции ТМ была отмечена для *Brassica juncea* (L.) Czern., *Astragalus racemosus* Pursh., *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl и многих других. Ряд авторов считает перспективным использование дикорастущих и геномодифицированных растений рода *Populus* L. в качестве растений-гипераккумуляторов ТМ [1, 4, 6, 7].

Цель работы заключалась в изучении интенсивности поглощения цинка, свинца, меди и кадмия растениями вида *Populus nigra* L. в условиях города Оренбурга.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужил почвенно-растительный покров парков города Оренбурга (парк Победы, парк Железнодорожник (им. Ленина), парк им. Перовского, парк им. 50-летия СССР). Исследования проводились в 2010–2011 гг. и включали маршрутное обследование почв с отбором их образцов на анализ в соответствии с ГОСТ 17.4.2.01-81 и ГОСТ 17.4.3.01-83. С каждого участка были отобраны образцы почв методом конверта. Параллельно

с полевым обследованием почв в местах заложения основных почвенных разрезов произведен сбор надземных частей растений (листьев) в конце вегетационного периода, когда накопление в листьях растений ТМ достигает своего максимума.

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, методическими указаниями по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений (1981). Оценка результатов проводилась по «Перечню ПДК и ОДК химических веществ в почве» (№6229-91, 1991) с дополнениями, изложенными в гигиенических нормативах (Ориентировочно допустимые концентрации, 1991). Минерализацию растительных проб проводили методом сухого озоления.

Результаты исследования

Почвенный покров города в пределах контрольных участков исследования представлен черноземами южными с разной степенью карбонатности, мало- и среднегумусными, мало- и среднемошными, тяжело- и среднесуглинистыми. Почвы этих участков характеризуются максимальным сходством своих генетических признаков (морфологического строения, физических и химических свойств) с зональными подтипами почв региона и отсутствием явных признаков антропогенеза, за исключением их загрязнения ТМ. На этих почвах максимально сохранилась естественная растительность.

Работами Цветковой Н.Н. (1977), Кудряшовой В.Г. (2003) и Войтюк Е.А. (2011) было показано, что жестких корреляционных связей между валовым содержанием ТМ в почвах и расте-

ниях не прослеживается [5, 8, 9]. 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.

Изучение содержания подвижных форм цинка, меди, свинца и кадмия показало, что в почвах всех изученных участков превышения ПДК не наблюдалось. Присутствие тех или иных металлов в высоких концентрациях, как правило, было сопряжено с особенностями хозяйственного использования территории, примыкающей к участку исследования (рисунок 1). Так, наиболее загрязненными медью и цинком являются почвы парка Железнодорожник (0,51 и 1,36 мг/кг соответственно), что связано с близким расположением железнодорожных путей, депо и постоянными ремонтными работами.

Максимальное содержание свинца наблюдается в почвах парка им. Перовского (1,48 мг/кг), что, вероятно, связано с расположением его в центральной части города, близостью с автомобильными дорогами высокой интенсивности и последующим аэральным переносом продуктов сгорания топлива автотранспорта в почвы парка. Наибольшим содержанием кадмия (0,16 мг/кг) характеризуются почвы парка им. 50-летия СССР.

По величине суммарного загрязнения почв подвижными формами ТМ парки образуют следующий ряд (в порядке убывания): Парк им. Перовского > Парк Железнодорожник > Парк им. 50-летия СССР > Парк Победы.

Оценка доли каждого элемента в общем загрязнении почв показала, что для парка Железнодорожник, парка им. Перовского и парка им. 50-летия СССР наибольший вклад в суммарное загрязнение вносят цинк и свинец, на которые приходится 78,2%, 84,5% и 73,9% общего содержания ТМ соответственно. Для парка Победы структура загрязнения несколько меняется и большая его

доля (75,9%) приходится на свинец и медь, что связано с непосредственной близостью к автодороге высокой интенсивности и предприятиям металлообрабатывающей промышленности.

Для оценки интенсивности поглощения и аккумуляции надземными органами *Populus nigra* L. цинка, меди, свинца и кадмия был рассчитан коэффициент накопления (Кн). Он свидетельствует о реальной доступности ТМ для растений и рассчитывается как отношение концентрации элемента в золе растения к содержанию его подвижной формы в почве.

Анализ полученных результатов показал, что данный показатель по отношению к цинку варьировал от 15,3 до 170,6, меди от 4,4 до 10,9, свинцу от 3,0 до 0,8 и кадмию от 4,8 до 0,7. Для растений всех изученных участков отмечено широкое варьирование Кн, но наибольшие его значения по отношению к цинку и свинцу характерны для парка Победы. На основании полученных результатов можно предположить, что максимальная способность к биологическому поглощению ТМ характерна для растений *Populus nigra* L., произрастающих на относительно «чистых» в экологическом отношении участках.

Количественным выражением общей способности вида к накоплению химических элементов является показатель их концентрации в свежих листьях, который позволяет оценить величину реального массопереноса из почвы

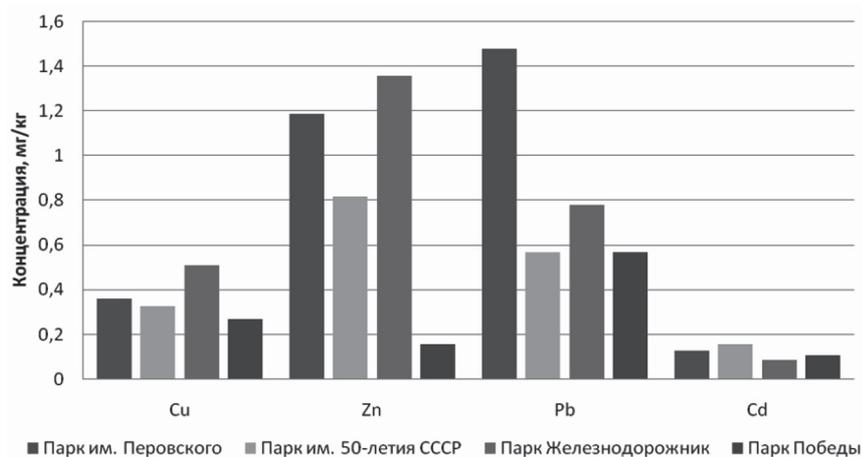


Рисунок 1. Концентрация подвижных форм ТМ в почвах парков города Оренбурга

в растения [9]. Для расчета этого показателя используются данные по зольности листьев *Populus nigra* L. и содержанию в них элементов (рисунок 2).

На всех участках исследования содержание цинка в листьях *Populus nigra* L. достигало максимальных значений (от 3,6 до 23 мг/кг) по сравнению с аккумуляцией других ТМ (меди от 0,55 до 0,78 мг/кг, свинца от 0,23 до 0,42 мг/кг и кадмия от 0,1 до 0,02 мг/кг). Отметим, что цинк наряду со свинцом играет доминирующую роль в суммарном загрязнении почв трех из четырех изученных парков, но для цинка характерно более активное биологическое накопление. Это свидетельствует о высокой биовалентности металла и способности исследуемого вида растений к его аккумуляции.

Выводы

1. Содержание подвижных форм цинка, меди, свинца и кадмия в почвах изученных участков не превышает ПДК. Наибольший вклад в суммарное загрязнение почв парков вносят цинк и свинец, что связано с особенностями городской среды.

2. Максимальная способность представителей *Populus nigra* L. к аккумуляции ТМ проявилась на участке с наименьшим суммарным загрязнением почв.

3. В условиях города Оренбурга для *Populus nigra* L. было отмечено повышенное поступление цинка, что вероятно связано с физиологическими особенностями вида и его способностью к аккумуляции металла.

4. Рекомендуем использовать *Populus nigra* L. в качестве маркера почвенного загрязнения, а также в озеленении города для снижения содержания цинка в почвах и его воздействия на живые организмы.

10.05.2012

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГНФ и правительства Оренбургской области № 12-16-56003 а/У

Список литературы:

1. 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.
2. Русанов А.М., Новоженин И.А., Коваль М.А., Клевцов Н.В., Прихожай Н.И., Анилова Л.В., Воропаев С.Б. К вопросу о региональном законе «Об охране почв Оренбургской области» // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – №4. – С. 81–83.
3. Грошев, И.В. Мониторинг почв и земель Оренбургской области по загрязнению тяжелыми металлами // Охрана окружающей среды Оренбургской области: Информационно-аналитический ежегодник / Под ред. В.Ф. Куксанова. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2000. – С. 145–166.
4. Васильева Т.Н., Брудастов Ю.А. Потенциальные фитоаккумуляторы металлов-поллютантов // Вестник ОГУ. – 2011. – №6. – С. 142–146.
5. Войтюк, Е.А. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Чита): автореф. канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2011. – 23 с.
6. Ibolya Biro, Tunde Takacs Study of heavy metal uptake of *Populus nigra* in relation to phytoremediation / Ibolya Biro, Tunde Takacs // Cereal Research Communications. – June 2007. – Vol. 35, №2. – P. 265–268.

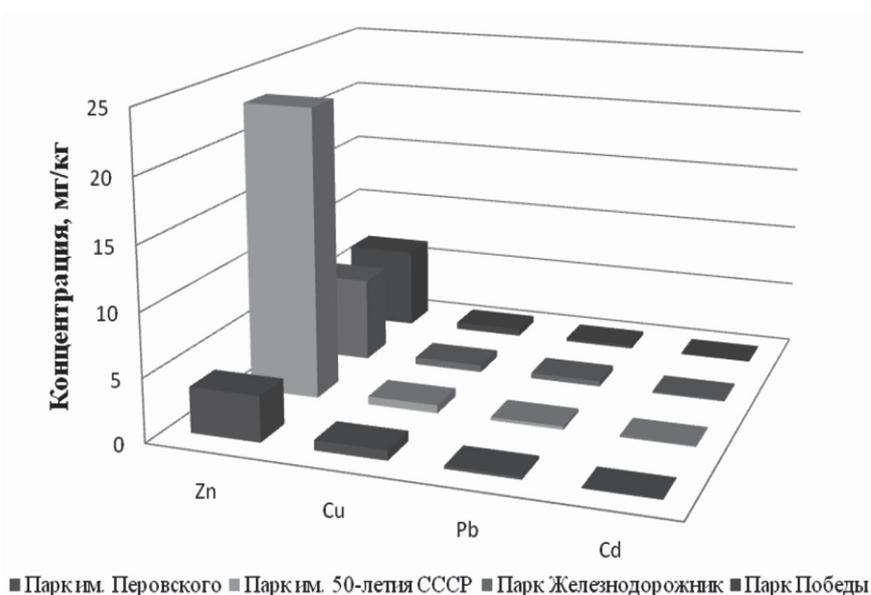


Рисунок 2. Концентрация ТМ в листьях *Populus nigra* L. парков города Оренбурга

7. Vollenweider Pierre, Menard Terry, Madeleine S. Gunthardt-Goerg Compartmentation of metals in foliage of *Populus tremula* grown on soils with mixed contamination. From the tree crown to leaf cell level / Pierre Vollenweider, Terry Menard, Madeleine S. Gunthardt-Goerg // *Environmental Pollution*. – January 2011. – Vol. 159. – Issue 1. – P. 324–336.
8. Цветкова, Н.Н. Микроэлементы в жизни степного леса // *Вопросы степного лесоведения и охраны природы*. – 1977. – С. 50–54.
9. Кудряшова, В.Г. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: автореф. канд. биол. наук. – Саранск, 2003. – 19 с.
10. Озерский, А.Ю. Основы геохимии окружающей среды: учебное пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 316 с.

Сведения об авторах:

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

Сальникова Елена Владимировна, заведующий кафедрой химии
Оренбургского государственного университета, кандидат химических наук,
e-mail: salnikova_ev@mail.ru

Примак Олеся Владимировна, соискатель кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, e-mail: fns@mail.ru

Шарыгина Мария Валерьевна, студентка кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 16214, тел. (3532)372480; (3532)372485,
e-mail: abigasha@mail.ru

UDC 581.6

Anilova L.V., Salnikova E.A., Primak O.V., Sharygina M.V.

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

PHYTOREMEDIATION PROSPECTS SOIL URBAN AREAS (FOR EXAMPLE, ORENBURG)

The paper studies the ability of representatives of the species *Populus nigra* L. to absorb heavy metals in Orenburg. The study calculated the coefficients of accumulation of zinc, copper, lead and cadmium, as well as their concentration in the fresh plant material.

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

Bibliography:

1. Galiulin R.V., Galiulina R.A. Cleanup of soils from heavy metals by plants // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. – 2008. – T. 78. – №3. – P. 247–249.
2. Rusanov A.M., Novozhenin I.A., Koval M.A., Klevtsova N.V., Prihohay N.I., Anilova L.V., Voropaev S.B. On the regional law «On protection of soils of the Orenburg region» // *Bulletin of the Orenburg state university*. – 2006. – №4. – P. 81–83.
3. Groshev, I.V. Monitoring soil and land of the Orenburg region of contamination with heavy metals // *Environment Orenburg region: Information Analysis Yearbook* / Ed. V.F. Kuksanova. – Orenburg: COE at OSU, 2000. – P. 145–166.
4. Vasilyeva T.I., Brudastov Y.A. Potential metal-fitoakkumulyatory pollutants // *Bulletin of OSU*. – 2011. – №6. – P. 142–146.
5. Voytyuk, E.A. Accumulation of heavy metals in soil and plants in the urban environment (for example, Chita): abstract. candidate. biol. sciences. – Ulan-Ude, 2011. – 23 p.
6. Ibolya Biro, Tunde Takacs Study of heavy metal uptake of *Populus nigra* in relation to phytoremediation/ Ibolya Biro, Tunde Takacs // *Cereal Research Communications*. – June 2007. – Vol. 35, №2. – P. 265–268.
7. Vollenweider Pierre, Menard Terry, Madeleine S. Gunthardt-Goerg Compartmentation of metals in foliage of *Populus tremula* grown on soils with mixed contamination. From the tree crown to leaf cell level / Pierre Vollenweider, Terry Menard, Madeleine S. Gunthardt-Goerg // *Environmental Pollution*. – January 2011. – Vol. 159. – Issue 1. – P. 324–336.
8. Tsvetkova, N.N. Trace elements in the life of the forest steppe // *Problems of Steppe forestry and nature conservation*. – 1977. – P. 50–54.
9. Kudryashova, V.G. Accumulation of heavy metals wild plants: abstract. candidate. biol. sciences. – Saransk, 2003. – 19 p.
10. Ozersky, A. Principles of Environmental Geochemistry: Textbook. – Krasnoyarsk: PKI SFU, 2008. – 316 p.