

## ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ПРИГОРОДНОЙ АГРОПРОМЗОНЫ Г. ВОЛГОГРАДА С ПОМОЩЬЮ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ

**Н.Ю. ПЕТРОВ,**  
профессор, заведующий кафедрой ТХПСХП,  
**Т.А. ТРОФИМОВА (фото),**  
Волгоградская ГСХА



400002, г. Волгоград,  
пр. Университетский, д. 26;  
Тел. (8442) 41-17-84

**Ключевые слова:** фиторемедиация, гипераккумуляторы, тяжелые металлы, горчица сарептская, цинк.

Анализ канцерогенов, таких как никель, кадмий, мышьяк, цинк, свинец, кобальт, медь, и их соединений в почве имеет большое значение в изучении комплексной антропогенной нагрузки.

Источниками загрязнения почвы являются выбросы промышленных предприятий и транспорта.

На территории южной пригородной зоны г. Волгограда расположены и функционируют комплексы химических, нефтеперерабатывающих, нефтехимических, металлообрабатывающих заводов. Так, по данным Волгоградского областного департамента по охране окружающей среды и природных ресурсов, в 2008 году эмиссия загрязняющими веществами от данных предприятий составила [1]:

- ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» – 22,9 тыс. т;
- ОАО «Каустик» – 1,3 тыс. т;
- ТЭЦ-2 – 7,1 тыс. т;
- ТЭЦ-3 – 1,5 тыс. т.

Также одной из главных проблем загрязнения атмосферного воздуха пригородной зоны г. Волгограда является автомобильный транспорт. Автомобильный транспорт – это источник большинства опасных поллютантов, среди которых: окись углерода, углеводороды, окислы азота, сажа, соединения свинца, кадмия, меди, кобальта, цинка, титана, алюминия.

Содержание тяжелых металлов в поверхностном слое почв населенных пунктов является результатом длительного воздействия загрязненного

атмосферного воздуха.

В связи с усилением загрязнения окружающей среды из-за увеличения техногенной нагрузки на почву остро ставится вопрос о санитарной, фиторемедиационной (фитоэкстракционной) роли сельскохозяйственных растений, способности отдельных их органов, в том числе используемых в качестве источников пищи для человека и животных, накапливать биогенные и небιοгенные элементы [2].

Фиторемедиация представляет собой выращивание в течение определенного периода времени на участке специально подобранных видов растений-гипераккумуляторов для извлечения тяжелых металлов корневой системой и концентрирования их в наземной биомассе. Для увеличения подвижности тяжелых металлов в почве, их транслокации из корневой системы в наземную биомассу растений с последующим накоплением в процессе фиторемедиации применяют эффекторы фитоэкстракции [5].

Фиторемедиация стала эффективным и экономически выгодным методом очистки окружающей среды после того, как обнаружили растения-гипераккумуляторы тяжелых металлов, способные накапливать в своих листьях до 5% никеля, цинка или меди в пересчете на сухой вес, то есть в десятки раз больше, чем обычные растения на землях экологически неблагоприятных регионов России [1], к числу которых относятся

определенные территории Волгоградской области, в частности, южная пригородная агропромзона г. Волгограда, где источниками загрязнения почв тяжелыми металлами являются комплексы химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих, металлообрабатывающих заводов [4].

### Цель исследований

Оценка в условиях вегетационного опыта потенциала извлечения цинка горчицей сарептской (*Brassica juncea*) из искусственно загрязненной светло-каштановой почвы, отобранной в южной пригородной зоне г. Волгограда, при внесении в нее различных доз эффектора фиторемедиации – гидроксипиридиндифосфоновой кислоты (ОЭДФ).

### Методика исследований

Включала предварительную оценку геоэкологической ситуации в южной пригородной зоне г. Волгограда путем определения содержания четырех металлов (Cu, Zn, Pb, Cd) в почвах шести садово-огородных участков и двух сельскохозяйственных угодий, расположенных в разных направлениях от промышленного потенциала южной пригородной зоны г. Волгограда как источника азротехногенной эмиссии, путем отбора репрезентативных усредненных образцов (табл. 1).

В условиях вегетационного опыта продолжительностью 60 суток оценивали извлечение горчицей сарептской цинка, вносимого в воздушно-сухие просеянные образцы светло-каштановой почвы в виде водного раствора соли  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  в дозе по 450 мг/кг (эквивалентно элементарному цинку – 102 мг/кг).

Горчицу сарептскую широко используют в зарубежной экспериментальной практике по изучению фиторемедиации тяжелых металлов из загрязненных почв [3].

Ориентировочно за 2,5 месяца вегетации горчица сарептская может производить значительное количество наземной биомассы (20 т/га), что отвечает требованиям, предъявляемым к растениям-гипераккумуляторам, ис-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов (валовых форм) в почвах садово-огородных и сельскохозяйственных угодий по состоянию на 2007 г., находящихся в разных направлениях от южной пригородной зоны г. Волгограда, мг/кг

Вид участка	Направление	Cu	Zn	Cd	Pb
Садово-огородный	северное	48,5	115,5	1,165	22,1
С.-х. угодье	то же	41,2	98,5	1,143	26,7
То же	»»	47,5	85,7	1,388	28,8
Садово-огородный	южное	36,4	55,6	1,123	14,3
То же	то же	39,7	74,3	1,325	20,2
»»	западное	41,2	82,1	1,165	21,2
»»	восточное	29,5	45,5	1,112	12,4
»»	то же	32,1	52,1	1,131	14,2
Кoeffициент вариации, %		48	32	30	31

**Fitoremediasis,  
hyperaccumulators, heavy  
metals, Brassica juncea, zinc.**

пользуемым для извлечения тяжелых металлов из почвы [2].

Для вегетационного опыта использовали усредненный образец светло-каштановой почвы (гумус 1,84%; рН 7,45), отобранный из сельскохозяйственного угодья южной пригородной зоны г. Волгограда.

На 54-е сутки выращивания горчицы (в период ее цветения) в почву вносили водные растворы ОЭДФ в дозах 0,175; 0,35 и 0,70 ммоль/кг. Спустя 7 суток надземную массу убирали.

Анализ содержания тяжелых металлов в растительных и почвенных образцах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Varian Spectr AA-250.

**ОЭДФ-гидроксиэтилидендифосфоновая кислота** (1-гидроксиэтилиден-1,1-дифосфоновая кислота) – комплексон на основе фосфоновой кислоты. Эмпирическая формула –  $C_2H_8O_6P_2$ . Широко используется в виде комплексообразователя для перевода тяжелого металла (микроэлемента) в подвижную биологически активную форму в виде комплексонов (хелатов металлов) [5].

При использовании в качестве фитоэкстрактора тяжелых металлов в процессе фиторемедиации загрязненных почв ОЭДФ имеет преимущества по сравнению с другими комплексоносами (ЭДТА, ДТПА и др.).

Во-первых, ОЭДФ по сравнению с другими хелатами образует устойчивые комплексы с тяжелыми металлами в широком диапазоне рН, что позволяет эффективно использовать ее

на щелочных (при рН больше 8) и карбонатных почвах, где ЭДТА и другие малозффективны.

Во-вторых, при разложении ОЭДФ под действием света образуются фосфаты, которые усваиваются растением и являются полезными элементами в отличие от ЭДТА и других хелатов, разлагающихся в почве с образованием в почве более токсичных веществ, чем исходное вещество. Также ОЭДФ является регулятором роста, обладает антимикробными и антивирусными свойствами [5].

Результаты геологической оценки почвенного покрова южной пригородной зоны г. Волгограда, проведенные в 2007 году, показали, что практически все показатели содержания тяжелых металлов в почве не превышают ПДК, за исключением цинка, превышение ПДК которого зафиксировано в почвах садово-огородного участка северного направления (в 1,15 раза выше ПДК). Следует отметить, что большинство показателей содержания тяжелых металлов в почве приближаются к значениям ПДК (табл. 1).

Не исключено, что с течением времени содержание тяжелых металлов в почве может увеличиться как следствие продолжающейся азротехногенной эмиссии поллютантов. Так, содержание цинка (валовые формы) спустя 2 года (2009 год), в почвах с.-х. угодья северного направления возросло от 85,7 до 96,4 мг/кг.

Имитация азротехногенного загрязнения светло-каштановой почвы путем ее обработки соединением цинка в дозах по 450 мг/кг (эквивалентно элементарному цинку – 102 мг/кг) + исходная концентрация цинка в почве, характерная для почв садово-огородного участка северного направления, не случайна, так как, исходя из двухлетних мониторинговых данных, близкое количество цинка вполне может накопиться в почве в течение нескольких лет.

Результаты вегетационного опыта с горчицей сарептской показали, что потенциал фиторемедиации цинка из загрязненной почвы возрастает при применении эффектора фиторемедиации (ОЭДФ), о чем свидетельствуют данные таблицы 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов концентрации цинка для горчицы сарептской (отношение содержания металла в растении и почве) в зависимости от доз ОЭДФ

Вариант	Коэффициент концентрации цинка
Цинк 102 мг/кг + исходное содержание (115 мг/кг)	0,08
То же + ОЭДФ, 0,175 ммоль/кг	0,26
» , 0,35 ммоль/кг	1,21
» , 0,70 ммоль/кг	2,48

#### Литература

1. Доклад о состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2007 году. Волгоград : Панорама, 2008. 256 с.
2. Галиулин Р. В. Фитоэкстракция меди и никеля из загрязненного выщелоченного чернозема // Агрохимия. 2004. № 12. С. 36-40.
3. Кобозев И. В. Предотвращение критических ситуаций в агроэкосистемах. М. : МСХА, 1995. 264 с.
4. Панин М. С. Динамика содержания меди и цинка в почве прикорневой зоны ячменя и пшеницы в период вегетации // Агрохимия. 2005. № 8. С. 39-44.
5. Dushenkov S. M., Kapulnik Y., Blaylock M. Phytoremediation: a novel approach to an old problem // Global Environmental Biotechnology. Ed. Wise D.L. Amsterdam : Elsevier Science B.V. 1997. P. 563-572.