

УДК 631.10

## МИГРАЦИЯ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ В РАСТЕНИЯХ-ФИТОРЕМЕДИАНТАХ

Коротченко И.С., Львова В.А.

*ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск,  
e-mail: bio\_eco@krasnou.ru*

В статье показана применимость в фиторемедиации рапса и горчицы через изучение миграции тяжелых металлов в различных органах растений в вегетационно-полевом опыте, в котором почва искусственно загрязнялась тяжелыми металлами в дозах 5 и 10 ПДК. В результате исследований выявлена закономерность распределения тяжелых металлов в органах растений рапса: при загрязнении почвы кадмием – стебли > листья > семена > корни, при загрязнении почвы никелем – листья > стебли > корни > семена, в органах растений горчицы: при загрязнении почвы кадмием – листья > стебли > семена > корни, при загрязнении почвы никелем – стебли > листья > семена > корни. Таким образом, выявили наибольшую аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия и никеля) в надземной части растений, что свидетельствует о фиторемедиационной способности горчицы и рапса.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, кадмий, никель, миграция, фиторемедиация, рапс, горчица

## MIGRATION OF CADMIUM AND NICKEL IN PLANTS-FITOREMEDIANTS

Korotchenko I.S., Lvova V.A.

*Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, e-mail: bio\_eco@krasnou.ru*

The article shows the applicability of phytoremediation colza and mustard through the study of migration of heavy metals in different organs of plants in the growing-field experiment in which soil artificially contaminated by heavy metals in doses of 5 and 10 MPC. The studies revealed patterns of distribution of heavy metals in the plant organs colza: the contamination of soil cadmium – stems> leaves> seeds> roots in the soil contamination with nickel – leaves> stems> roots> seeds to plant organs mustard: contaminated soil cadmium – leaves > stems> seeds> roots in the soil contamination with nickel – stems> leaves> seeds> roots. Thus, we showed the greatest accumulation of heavy metals (cadmium and nickel) in the aerial parts of the plants, indicating the ability of phytoremediation of mustard and colza.

**Keywords:** heavy metals, cadmium, nickel, migration, fitoremediation, colza, mustard

Исследование накопления элементов-загрязнителей в культурных растениях составляет важное звено экологических исследований. В отличие от других объектов окружающей среды (воздух, вода), где протекают процессы самоочищения, почва обладает этим свойством в незначительной мере. Для некоторых веществ, в частности для тяжелых металлов почва является аккумулятором. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека, включая и гигиеническое качество получаемых продуктов. Поэтому знание природных концентраций элементов в растениях дает возможность судить о состоянии чистоты или загрязненности региона [2].

Способность растений накапливать тяжелые металлы реализуется на разных уровнях организации: клеточном, тканевом и органном, что связано, прежде всего, со способностью растений накапливать металлы в клеточных оболочках и вакуолях клеток разных тканей и органов, а также

с существованием барьерных тканей, ограничивающих передвижение ряда тяжелых металлов. Многие виды растений способны накапливать тяжелые металлы, причем их содержание в органах растений может в десятки и даже сотни раз превышать их содержание в окружающей среде. По способности к аккумуляции тяжелых металлов выделяют две контрастные группы растений: исключатели, у которых тяжелые металлы накапливаются главным образом в корневой системе, и аккумуляторы, у которых они накапливаются в больших количествах в надземных органах [5].

Ключевую роль в успешном проведении очистки загрязненных тяжелыми металлами почв методом фиторемедиации имеет правильный подбор растений среди культурных и диких видов, характерных для данных почвенно – климатических условий и типа загрязнения. Растения – фиторемедианты соответствуют следующим параметрам: обладают высокой биологической продуктивностью, поглощают в больших концентрациях тяжелые металлы, основная часть которых должна аккумулироваться в надземных частях растений, отчуждаемых при уборке. По мнению многих исследователей, особенно высоким потенциалом для целей фитоэкстракции обладают так называемые

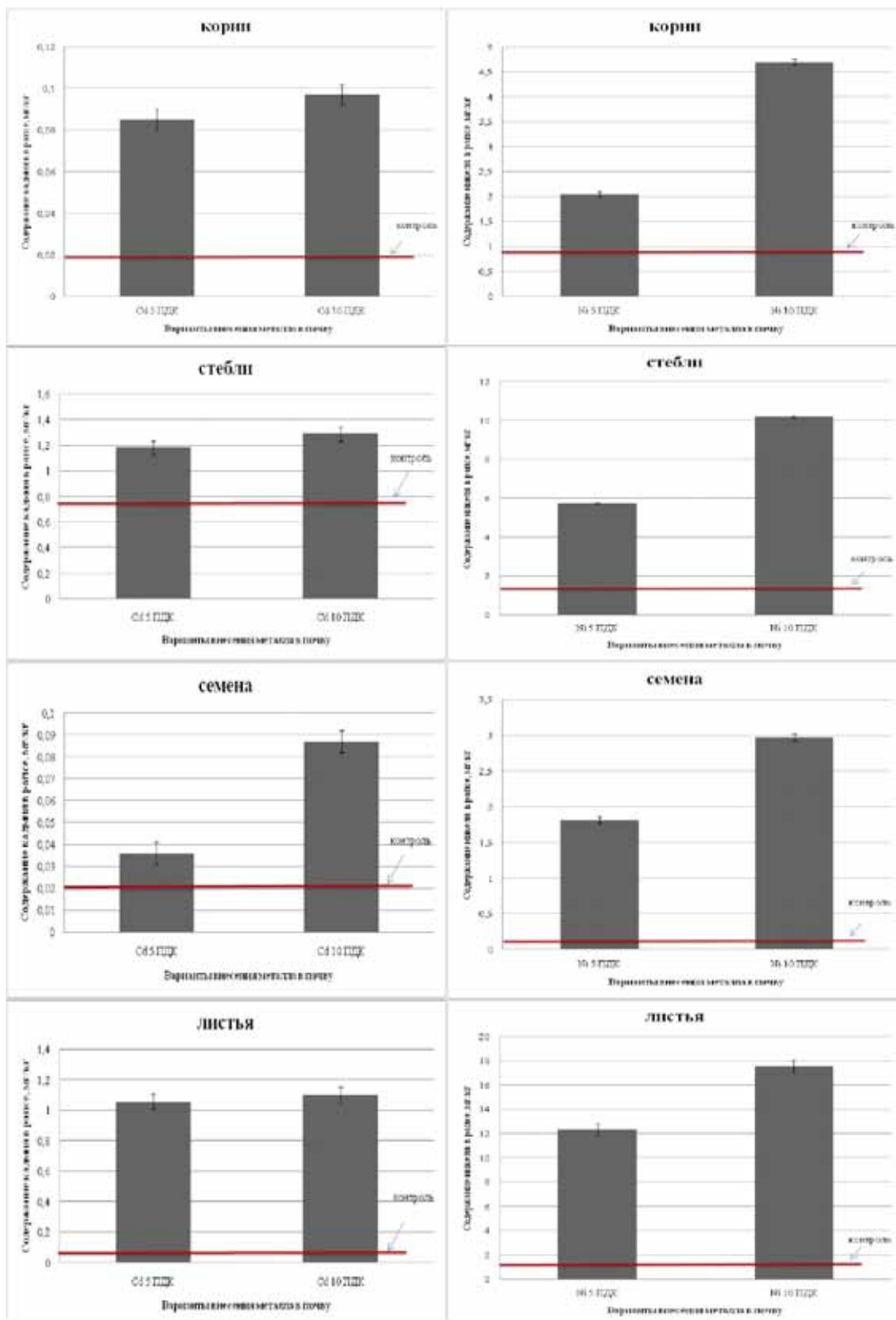


Рис. 1. Изменение содержания тяжелых металлов в органах rapca

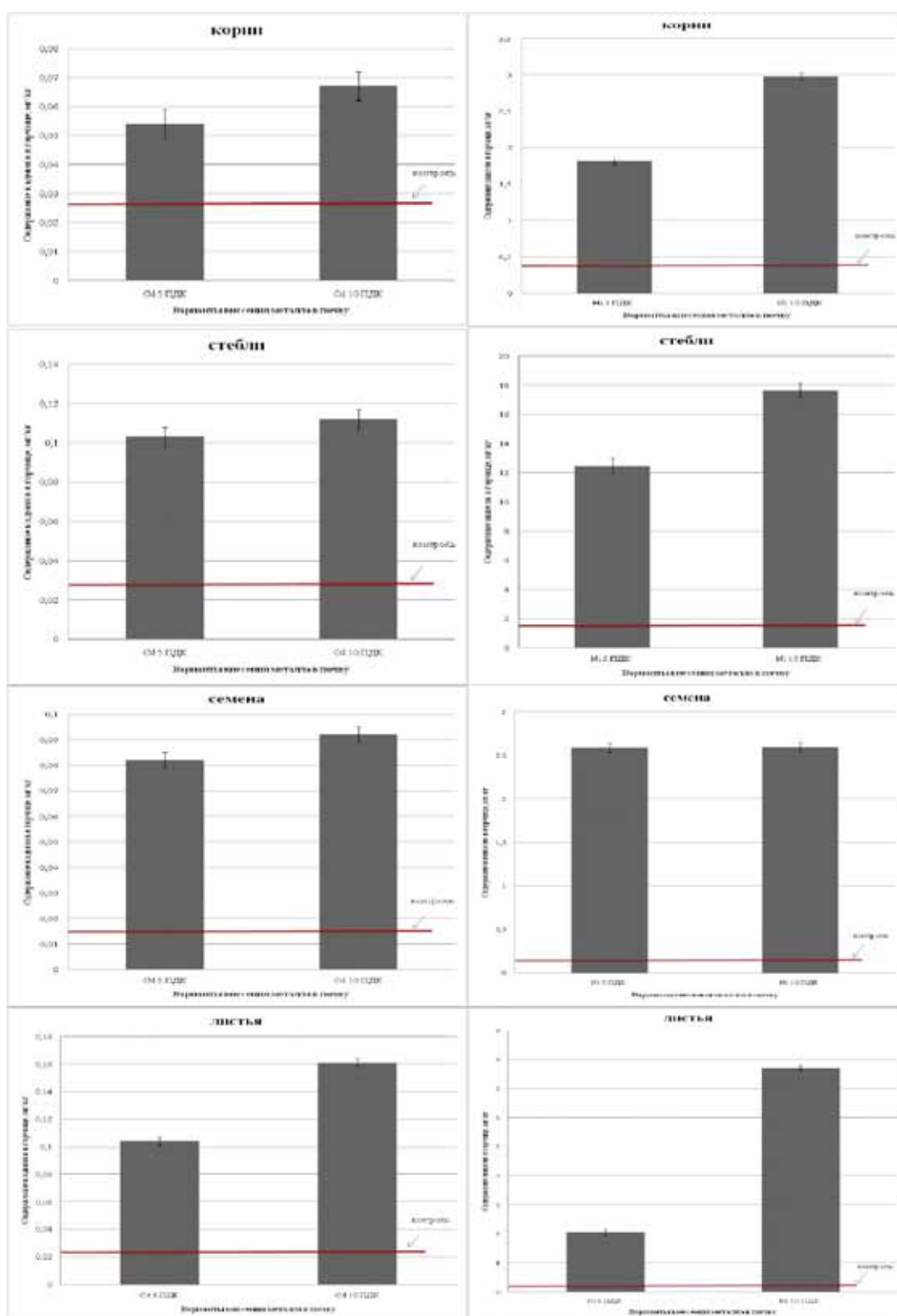


Рис. 2. Миграция тяжелых металлов в органах горчицы

растения – гипераккумуляторы, которые способны концентрировать металлы в наземной биомассе в концентрациях, намного превышающих таковые в почве.

В настоящее время в мире идентифицировано порядка 400 видов гипераккумуляторов различных металлов из 22 семейств. Семейство «крестоцветных» содержит наибольшее количество растений – гипераккумуляторов по отношению к широкому спектру тяжелых металлов. В настоящее время исследователи продолжают поиски растений, пригодных для целей фиторемедиации [1, 3, 4].

Исследования проводились в 2014 году на базе лаборатории кафедры экологии и естествознания ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ.

Для вегетационно-полевых опытов использовались соли тяжелых металлов: кадмий сернокислый  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  в концентрации 5 и 10 мг/кг почвы, что соответствует 5 и 10 ПДК соответственно, и никель хлористый  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в концентрации 425 и 850 мг/кг почвы (5 и 10 ПДК соответственно). В качестве растений-фиторемедиантов были выбраны: горчица белая сорта Семеновская, рапс сорта Надежный 92. Посев семян в количестве 30 штук на одну емкость, площадью 0,3 м<sup>2</sup>, производили в почву чернозем-выщелоченный, повторность опыта 4-х кратная.

Концентрацию тяжелых металлов определяли в растениях после завершения полевого опыта. Содержание тяжелых металлов в образцах почвы и растениях определялся атомно – абсорбционным анализатором «Pin AAcle-900». Статистическую обработку проводили с использованием программ Microsoft Excel, SNEDECOR.

В результате исследований выявлена закономерность распределения тяжелых металлов в тканях рапса и горчицы, в зависимости от вида и концентрации тяжелых металлов (рис. 1, 2).

При выращивании рапса, на загрязненной тяжелыми металлами почве, было установлено, что в корневой системе и семенах рапса содержание тяжелых металлов меньше, чем в других органах растения.

В стеблях и листьях рапса наблюдается наибольшая аккумуляция тяжелых металлов, причем содержание металлов увеличивается с их концентрацией.

### Выводы

Таким образом, распределение тяжелых металлов по органам рапса на загрязненной почве следующее: для кадмия – стебли > листья > семена > корни; для никеля – листья > стебли > корни > семена.

В результате проделанного опыта с использованием горчицы и рапса было обнаружено, что концентрация тяжелых металлов в корневой системе ниже, чем в других органах горчицы и рапса. Наблюдается аккумуляция тяжелых металлов в наземной части растений, что свидетельствует о фиторемедиационной способности горчицы и рапса.

Выявлено следующее распределение тяжелых металлов по органам горчицы: для кадмия – листья > стебли > семена > корни; для никеля – стебли > листья > семена > корни.

### Список литературы

1. Андреева И.В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами / И.В. Андреева, Р.Ф. Байбеков, М.В. Злобина // Мелиорация и рекультивация, экология. – 2009. – № 5. – С. 5–10.
2. Дисбаланс микроэлементов как фактор экологически обусловленных заболеваний / В.М. Боев, В.В. Утенина, В.В. Быстрых и т.д. // Гигиена и санитария. – 2001. – № 5. – С. 68.
3. Коротченко И.С. Использование горчицы сарептской в качестве фиторемедианта при загрязнении почв кадмием // Наука и образование. 2013. [Электронный ресурс] URL: [http://www.rusnauka.com/page\\_ru.htm](http://www.rusnauka.com/page_ru.htm) (Дата обращения: 15.09.2013)
4. Коротченко И.С. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами (Co, Ni) / И.С. Коротченко // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной заочной научной конференции (15 октября 2013 г.) – [Электронный ресурс] URL: <http://www.kgau.ru/new/all/konferenc/konferenc/2013/b5.pdf> (Дата обращения: 16.01.2014).
5. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина и т. д. – М.: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2007. – 169 с.