

## Миграция свинца в системе «почва-растение»

### Migration of lead in the soil-plant system

Медведева В. А., Коротченко И. С.

Medvedeva V. A., Korotchenko I. S.

*Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия. E-mail: medvedeva\_victoriya@mail.ru  
Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia*

**Реферат.** В последние годы в мире чаще всего обсуждаются экологические проблемы, связанные с интенсивным развитием промышленности, сельского хозяйства, бурного развития городов. Ежегодно сотни тыс. тонн загрязняющих веществ, в том числе и тяжелые металлы, попадают в атмосферу, почву, воду и другие объекты окружающей среды. В организм человека поступают тяжелые металлы с продуктами растениеводства и отравляют организм. Тяжелые металлы, поступающие из окружающей среды, мигрируют в органы и ткани растений. Необходим поиск способов детоксикации почв от тяжелых металлов. В статье представлены результаты опыта на биополигоне Красноярского аграрного университета. В результате исследования определено распределение свинца по органам горчицы и рапса.

**Ключевые слова.** Загрязнения, миграция, окружающая среда, свинец, тяжелые металлы, фиторемедианты.

**Summary.** In recent years, environmental problems associated with the intensive development of industry, agriculture, and the rapid development of cities have been the most frequently discussed environmental problems in the world. Every year hundreds of thousands of tons of pollutants, including heavy metals, get into the atmosphere, soil, water and other environmental objects. Heavy metals enter the human body with plant products and poison the body. Heavy metals from the environment migrate to plant organs and tissues. It is necessary to find ways to detoxify soils from heavy metals. The article presents the results of the experiment at the biopolygon of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Krasnoyarsk Agrarian University. As a result of the study, we determined the distribution of lead on the organs of mustard and rapeseed.

**Key words.** Environment, heavy metals, lead, migration, phytoremediants, pollution.

**Введение.** В настоящий момент загрязнение окружающей природной среды тяжелыми металлами является актуальной экологической проблемой, поскольку возрастает количество источников их поступления. Экологическая проблема связана с антропогенными источниками выбросов и естественным поступлением поллютантов в результате лесных пожаров, вулканической деятельности, ветровой эрозии. Тяжелые металлы являются приоритетными загрязнителями и представляют наибольшую опасность для здоровья людей, по сравнению с другими загрязнителями (Коротченко, 2020).

Свинец – это самый известный яд в мире. Попадает в организм человека через органы дыхания, кожу, пищевод. В результате попадания в большом количестве возникают различные болезни, которые влияют на нервную систему, желудочно-кишечный тракт, печень. Из организма тяжелые металлы выводятся достаточно сложно (Иванов и др., 2022). Симптомы отравления свинцом сопровождаются рвотой, повышенным давлением, сильными головными болями, а также бессонницей (Медведева, 2019).

Как правило, наибольшее внимание требует оценка поступления тяжелых металлов в верхние горизонты почвы, потому что они максимально мигрируют в растения через эти горизонты.

Одним из способов детоксикации является экологически чистая очистка почвы от тяжелых металлов методом фиторемедиации (Коротченко, Львова, 2015). Но необходим правильный подбор растения-фиторемедианта. У растений должно быть такое свойство, как аккумуляция тяжелых металлов в своей биомассе в больших количествах (Ларионов, 2017).

Цель работы – изучение распределения свинца по растениям горчицы и рапса.

**Материалы и методы.** Для того, чтобы оценить поступления токсичных веществ в растения и степень загрязненности, полученные данные сопоставляли с фоновым содержанием и ПДК. Для обна-

ружения связи тяжелых металлов в почве и растениях использовали коэффициент накопления, который рассчитывается как отношение концентрации элемента в растениях к содержанию его подвижной формы в почве. Для характеристики передвижения химических элементов применяли коэффициент передвижения, он равен отношению содержания элементов в листьях к таковому в корнях (Ковалевский, 1969).

В модельном микрополевым опыте вносили свинец в концентрации 5 ПДК и 10 ПДК мг/кг в чернозем выщелоченный. Схема опыта: контроль рапс; контроль горчица; свинец 5 ПДК рапс; свинец 10 ПДК рапс; свинец 5 ПДК горчица; свинец 10 ПДК горчица. Повторность четырехкратная, в емкость 0,3 м<sup>2</sup> сеяли по 30 штук семян. Объекты исследования – горчица сорта ‘Семеновская’ и рапс сорта ‘Надежный 92’. Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Microsoft Excel.

**Результаты.** В конце вегетационного периода 2021 г. и 2022 г., после уборки, определяли содержание свинца в органах растений рапса и горчицы.

В результате исследования обнаружили, что в среднем за 2021–2022 гг. распределение свинца по органам рапса можно представить в виде следующего убывающего ряда: листья > стебли > корни > семена (рис. 1).

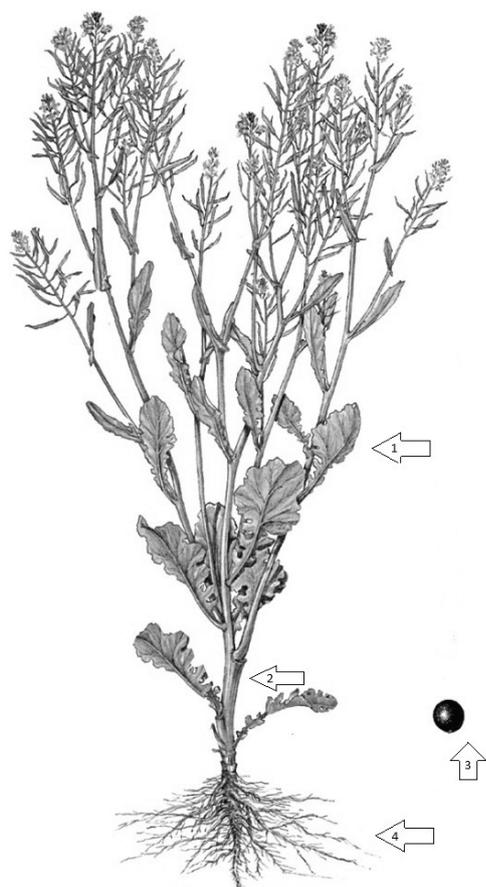


Рис. 1. Среднее содержание свинца по органам рапса: 1 – листья (5 ПДК – 17,2 мг/кг, 10 ПДК – 19,2 мг/кг); 2 – стебли (5 ПДК – 16,24 мг/кг, 10 ПДК – 21,26 мг/кг); 3 – семена (5 ПДК – 0,3 мг/кг, 10 ПДК – 0,3мг/кг); 4 – корни (5 ПДК – 8,1 мг/кг, 10 ПДК – 10,3 мг/кг).

Выявили, что в среднем за 2021–2022 гг. распределение свинца по органам горчицы представляет следующий убывающий ряд: листья > стебли > корни > семена (рис. 2).

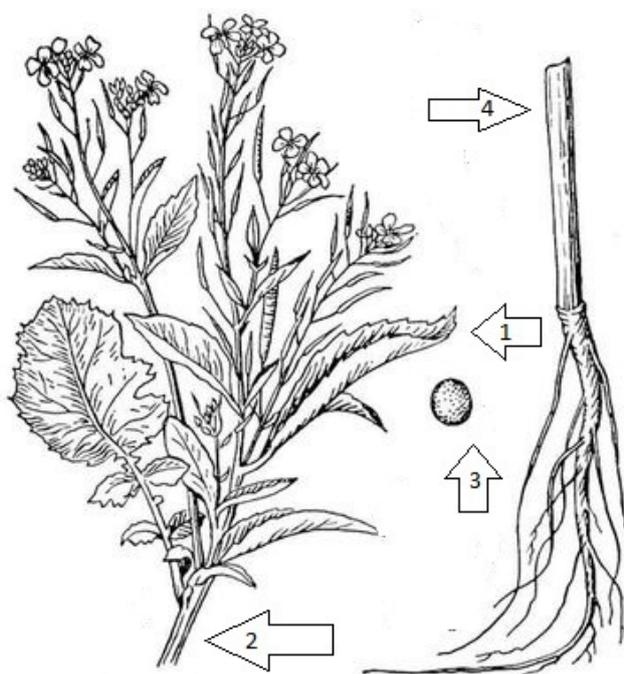


Рис. 2. Среднее содержание свинца по органам горчицы: 1 – листья (5 ПДК – 20,7 мг/кг, 10 ПДК – 21,2 мг/кг); 2 – стебли (5 ПДК – 21 мг/кг, 10 ПДК – 20 мг/кг); 3 – семена (5 ПДК – 0,2 мг/кг, 10 ПДК – 0,7мг/кг); 4 – корни (5 ПДК – 9,4 мг/кг, 10 ПДК – 12,11 мг/кг).

В 2021 г. в опыте с горчицей коэффициент передвижения в варианте свинец 5 ПДК был выше, чем в варианте свинец 10 ПДК; это свидетельствует о том, что он быстро передвигается по растению. В 2021 г. в опыте с рапсом коэффициент передвижения в варианте свинец 5 ПДК был выше, чем варианте свинец 10 ПДК; это свидетельствует о том, что он быстро передвигается по растению, с повышением

концентрации сокращается поглощение листьями из окружающей среды. В 2022 г. наблюдалась аналогичная тенденция (рис. 3).

При расчете коэффициента накопления во всех опытах в 2021 г. в вариантах свинец 5 ПДК и свинец 10 ПДК можно охарактеризовать процесс аккумуляции свинца рапса как со слабой интенсивностью поглощения, а в вариантах свинец 5 ПДК и свинец 10 ПДК процесс аккумуляции свинца горчицей как средней интенсивности.

В 2022 г. в опытах с рапсом и с горчицей по величине коэффициента накопления свинца во всех вариантах, свинец относится к группе слабого накопления и среднего захвата (рис. 4).

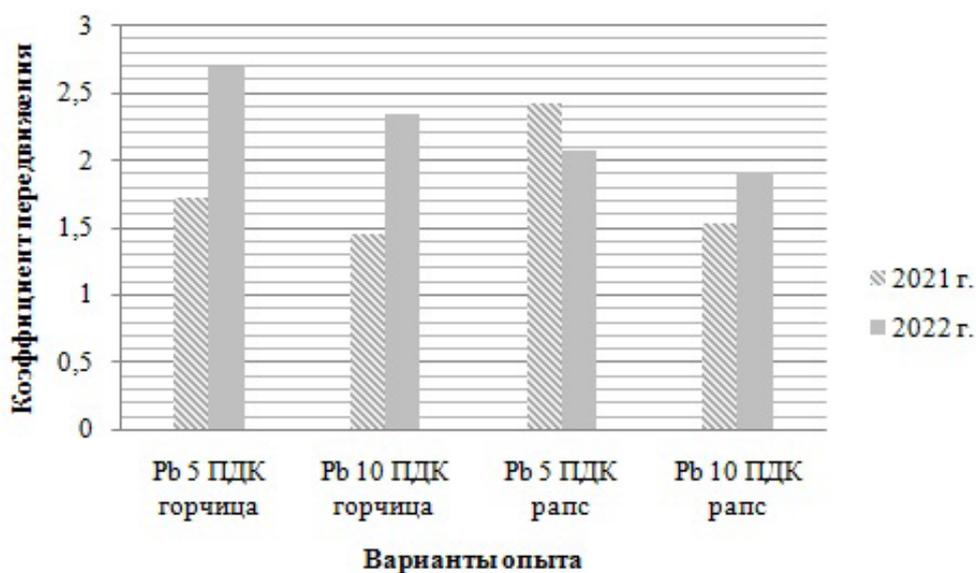


Рис. 3. Коэффициент передвижения свинца по растениям рапса и горчицы.

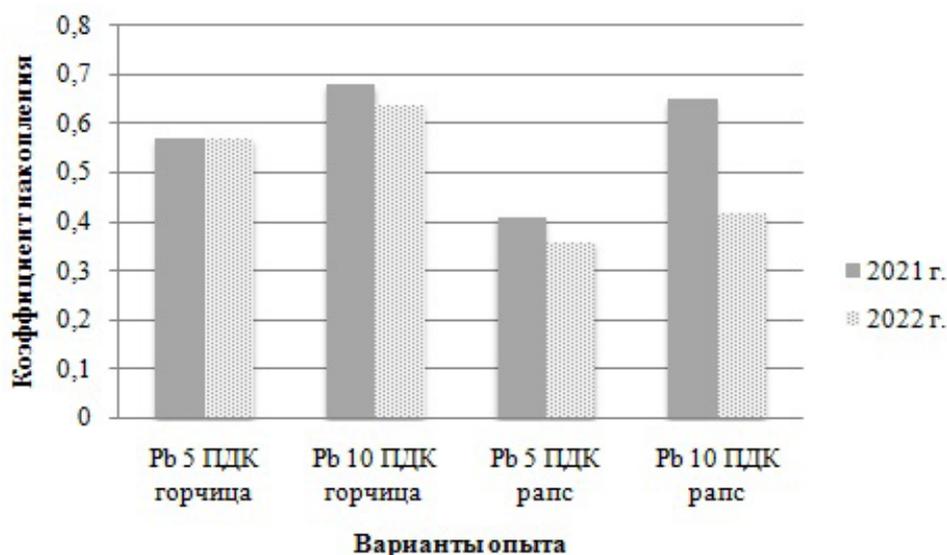


Рис. 4. Коэффициент накопления тяжелых металлов.

Таким образом, выявили, что коэффициент передвижения свинца выше в почвенных образцах, модельно загрязненных на уровне средней токсичности (5 ПДК). Это свидетельствует о том, что фиторемедиация эффективна на почвах, загрязненных свинцом до уровня 5 ПДК. По коэффициенту накопления (отношение содержания элемента в корнях растений к содержанию в почве) установили, что свинец можно отнести к группе слабого накопления и среднего захвата. Установлена закономерность распределения свинца в растениях-фиторемедиантах.

**Благодарности.** «Участие в «XXII международная научно-практическая конференция «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Алтайский край, г. Барнаул) осуществлено при поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

#### ЛИТЕРАТУРА

**Иванов В. Б., Александрова В. В., Цыганова В. И.** Оценка накопления тяжелых металлов в растениях // Глобальные проблемы научной цивилизации, пути совершенствования: Материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 28 февраля 2022 г.). Ч. 1. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью «Ставропольское издательство «Параграф», 2022. – С. 423–429.

**Ковалевский А. Л.** Основные закономерности формирования химического состава растений. Биогеохимия растений. – Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1969. – С. 6–28.

**Коротченко И. С.** Эколого-токсикологическая оценка овощной продукции, выращенной в пригородной зоне Красноярска // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Матер. междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 21–23 апреля 2020 г.) / Отв. за выпуск В. Л. Бопп, Е. И. Сорокатая. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – С. 270–272.

**Коротченко И. С., Львова В. А.** Миграция кадмия и никеля в растениях-фиторемедиантах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. – № 11-2. – С. 251–254.

**Ларионов Г. А.** Мониторинг содержания тяжелых металлов в системе «почва – растение – животное – продукция» // Вестник чувашской государственной сельскохозяйственной академии, 2017. – № 1(1). – С. 9–14.

**Медведева В. А.** Миграция никеля в органах растений-фиторемедиантах // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Красноярск, 08–09 апреля 2019 г.) Часть I. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 62–66.