

ПРЕДИСЛОВИЕ

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

С 27 по 29 августа 2025 г. в Москве на площадках ВДНХ и Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН прошёл XXIII научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов», посвящённый 80-летию юбилею Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН). Это событие стало логическим продолжением многолетней работы по изучению и сохранению городских зелёных насаждений, начало которой было положено ещё в 1997 г. с запуском первой в России системы мониторинга зелёных насаждений Москвы.

Необходимость мониторинга состояния городских зелёных насаждений стала очевидной ещё в первой половине 1990-х гг., когда из-за ухудшения экологической обстановки в столице ежегодно гибли тысячи древесных растений. В связи с этим в августе 1996 г. правительством Москвы было принято постановление № 671 «О мерах по улучшению состояния зелёных насаждений Москвы», где впервые отмечалась необходимость осуществления мониторинга состояния зелёных насаждений. В развитие этого постановления в апреле 1997 г. приказом по Управлению жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города № 5-46/7ж функции заказчика в создании общегородской системы мониторинга зелёных насаждений были возложены на АО «Прима-М» как организацию, имевшую большой опыт в реализации крупных городских экологических проектов. Тем же приказом на базе «Примы-М» был учреждён научно-методический совет для методологического руководства работами по созданию и ведению мониторинга зелёных насаждений.

В состав совета вошёл ряд ведущих столичных учёных, в числе которых были член-корреспондент РАН Л.П. Рысин и доктор биологических наук Г.А. Полякова (Институт лесоведения РАН), доктор биологических наук Е.Г. Мозолева, доктор биологических наук В.С. Николаевский, доктор сельскохозяйственных наук В.С. Теодоронский (Московский государственный университет леса, ныне – МГТУ им. Н.Э. Баумана), кандидат биологических наук Г.П. Жеребцова (Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова), В.Л. Машинский (ОАО Моспроект) и В.И. Иванов (Москомархитектура), доктор биологических наук Р.А. Карпионова и доктор биологических наук О.Б. Ткаченко (ГБС РАН), кандидат сельскохозяйственных наук Н.С. Краснощекова (ЦНИИ градостроительства), кандидат геолого-минералогических наук С.Б. Самаев (Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов) и др. Работу научных коллективов координировал кандидат медицинских наук Х.Г. Якубов.

Необходимо отметить, что столь многоплановые работы по мониторингу городских зелёных насаждений до тех пор не проводились не только в России, но и за рубежом. В связи с этим уже на первом этапе исследований советом была проделана весьма трудоёмкая работа по согласованию методов и объёмов исследований.

Итоги первого года наблюдений позволили получить весьма важные в научном и методическом плане материалы, для обсуждения которых в ноябре 1997 г. была организована научно-практическая конференция, положившая начало многолетней традиции. Первые результаты мониторинга и их анализ были представлены в Аналитическом докладе – объёмном коллективном печатном труде. Такие аналитические доклады выпускались до 2006 г. и пользовались большим вниманием со стороны специалистов и высоким спросом у широкой аудитории пользователей.

Несмотря на то что многопрофильные исследования по программе «Зелёного мониторинга» были прерваны в 2007 г., специалисты, принимавшие в них участие, продолжили традицию проведения конференций, посвящённых проблемам озеленения крупных городов, встречаясь практически ежегодно в конце лета. В их работе принимали участие десятки гостей: российские и зарубежные учёные, сотрудники научно-исследовательских институтов и вузов, ландшафтные архитекторы, представители администраций городов, а также законодательных органов власти, профильных ассоциаций и общественных объединений, специалисты в области озеленения и садово-паркового строительства, представители отечественных и зарубежных питомников. На протяжении более полутора десятилетий неизменным организатором конференции, обеспечивающим базу для её проведения, информационное обеспечение и издание сборника материалов, является ВДНХ. Работу организационного комитета конференций возглавлял доктор биологических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова Х.Г. Якубов.

XXI Международный научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов» состоялся 23 августа 2019 г., затем был трёхлетний перерыв. В 2022 г. представителями ГБС РАН и ВДНХ было принято совместное решение возродить традицию проведения научных конференций, посвящённых вопросам содержания городских зелёных насаждений. В августе 2023 г. на ВДНХ успешно прошёл XXII научно-практический форум «Проблемы организации крупных городов», после чего организаторы договорились проводить подобные мероприятия один раз в 2 года в последние дни августа.

Как и было задумано, 27–29 августа 2025 г. состоялся масштабный XXIII научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов», приуроченный к 80-летию Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. Его соорганизаторами стали ВДНХ, ГБС РАН и Всероссийское общество охраны природы (ВООП); заседания проходили на площадках ВДНХ и ГБС РАН.

В форуме приняли участие более 200 учёных и специалистов, представители более 55 организаций, среди которых ботанические сады, академические и научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения и коммерческие организации. Было заслушано 60 научных докладов. Основной целью форума стало обсуждение актуальных проблем, связанных с созданием, содержанием и мониторингом зелёных насаждений в городах и на урбанизированных территориях, в их числе адаптация городской растительности к климатическим изменениям, борьба с инвазионными видами растений, современные технологии озеленения мегаполисов, мониторинг состояния зелёных насаждений, формирование зелёного каркаса городов.

Участники обсудили широкий круг вопросов, включая функциональное назначение зелёных насаждений, их влияние на состояние окружающей среды, здоровье и качество жизни горожан. Состоялся обмен результатами научных исследований и практическим опытом. Некоторые доклады Форума будут опубликованы в виде статей в журнале «Лесохозяйственная информация». В данном выпуске журнала опубликованы две статьи.

С.Л. Рысин
ведущий научный сотрудник,
заведующий лабораторией дендрологии ГБС РАН,
кандидат биологических наук

Научная статья
УДК 574.23 : 582.5
EDN JQHUTH
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.3.09

Тяжёлые металлы в растениях *Tussilago farfara* в условиях транспортной нагрузки

Юлия Васильевна Загурская¹

кандидат биологических наук

Татьяна Ивановна Сиромля²

доктор биологических наук

Аннотация. В статье рассмотрено содержание тяжёлых металлов (ТМ): Cd, Co, Cu, Cr, Ni, Pb и Zn в надземных и подземных органах *Tussilago farfara* L. Данный объект широко известен не только в качестве лекарственного сырья (*Tussilaginis farfarae folia*), но и как один из пионерных видов нарушенных местообитаний. Образцы для исследований отбирали в начале августа вдоль дороги с интенсивным движением транспорта в микрорайоне Кедровка (Кемерово). Элементный химический состав определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии после сухого озоления. Концентрация тяжёлых металлов в листьях *T. farfara* из техногенно нарушенных экотопов оказалась в 1,5–2,5 раза выше, чем в корнях. Это не типично для травянистых растений и, вероятно, связано с повышенной запылённостью растений и фоллиарным поступлением ТМ в надземные органы. В отмерших листьях только содержание Cu было сравнимо с уровнем в живых листьях, количество остальных изученных элементов оказалось выше в 2 раза и более. Это также объясняется анатомо-морфологическими особенностями растения. Содержание Cd и Pb во всех образцах *T. farfara*, согласно Государственной фармакопее РФ, находится в допустимых пределах значений. Результаты подтверждают данные других исследователей об отсутствии загрязнения растений *T. farfara* этими элементами при техногенной нагрузке на территории Новосибирска и Тюмени. Установлено, что даже в условиях высокой техногенной нагрузки в растениях *Tussilago farfara* не отмечается очень высоких концентраций ТМ. Рекомендовано рассмотреть данный вид в качестве объекта для мониторинга влияния пылевых частиц на растения и изучения фоллиарного пути поступления ТМ.

Ключевые слова: мать-и-мачеха, тяжёлые металлы, техногенная нагрузка, листья, корни.

Для цитирования: Загурская Ю.В., Сиромля Т.И. Тяжёлые металлы в растениях *Tussilago farfara* в условиях транспортной нагрузки. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2025. № 3. С. 92–100. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.3.09. <https://elibrary.ru/jqhuth>.

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН (ФИЦ УУХ СО РАН), научный сотрудник (Кемерово, Российская Федерация), syjil@mail.ru

² Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН (ИПА СО РАН), ведущий научный сотрудник (Новосибирск, Российская Федерация), tatiana@issa.nsc.ru

Original article

EDN JQHUTH

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.3.09

Heavy Metals in *Tussilago farfara* Plants under Transport Load Conditions

Yulia V. Zagurskaya¹

Candidate of Biological Sciences

Tatyana I. Siromlya²

Doctor Biological Sciences

Abstract. In the article the content of heavy metals (HM): Cd, Co, Cu, Cr, Ni, Pb and Zn in above-ground and underground organs of *Tussilago farfara* L. considered. This object is widely known as a medicinal raw material (*Tussilaginis farfarae folia*). This is a pioneer species of disturbed habitats. Samples for research were collected in early August along a road with heavy traffic in the Kedrovka microdistrict (Kemerovo). The elemental chemical composition was determined by atomic emission spectroscopy after dry ashing. The concentration of heavy metals in *T. farfara* leaves from techno-disturbed ecotopes is 1.5 to 2.5 times higher than in roots. This is not typical for grass plants and is associated with increased plant dust and foliar TM intake into the above-ground organs. In the dead leaves, only the Cu content was comparable to the level in the living leaves, the number of other elements studied was 2 times or more. This is also due to the anatomo-morphological peculiarities of the plant. The content of Cd and Pb in all samples of *T. farfara* according to the State Pharmacopoeia of the Russian Federation is within the permissible limits. The results of other researchers on the absence of contamination of plants *T. farfara* by these elements under a man-made load in the territory of the cities of Novosibirsk and Tyumen are confirmed. It was found that even under high technological load conditions, very high concentrations of TM in plants of *Tussilago farfara* are not observed. It is recommended that this species be considered as an object for monitoring the effect of particulate matter on plants and studying the foliar pathway of TM.

Key words: coltsfoot, heavy metals, anthropogenic load, leaves, roots.

For citation: Zagurskaya Y., Siromlya T. Heavy Metals in *Tussilago farfara* Plants under Transport Load Conditions. – Text : electronic // Forestry Information. 2025. № 3. P. 92–100. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.3.09. <https://elibrary.ru/jqhuth>.

¹ Federal Research Center on Coal and Coal Chemistry Siberian branch Russian Academy of Sciences (FRC CCC SB RAS), Researcher (Kemerovo, Russian Federation), syjil@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian branch Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS), Leading Researcher (Novosibirsk, Russian Federation), tatiana@issa.nsc.ru

Введение

Tussilago farfara L. (сем. Asteraceae) – мать-и-мачеха – многолетнее травянистое корневищное растение. Одна из наиболее характерных его особенностей – ранневесеннее цветение (развитие и отмирание генеративных побегов происходит до появления вегетативных – крупных прикорневых листьев), вторая – густое беловолочное опушение нижней стороны листьев и жёсткая, гладкая верхняя поверхность [1].

Листья мать-и-мачехи – *Tussilaginis farfarae folia* – фармакопейное лекарственное сырьё [2], включено в фармакопеи 15 стран, применяется в России, Китае, Турции, Польше, странах Балканского полуострова, Германии и других странах при лечении респираторных заболеваний (астма, бронхит и др.) как отхаркивающее и успокаивающее средство [3]. В то же время изучение особенностей химического состава этого растения, в том числе содержания тяжёлых металлов (ТМ), является недостаточным [3].

Вид широко распространён в Евразии и Африке (как заносной известен во многих других частях света). Основные природные местообитания: оползни, осыпные склоны, незадернованные берега водоёмов (песчаные, глинистые) и оврагов, лесные поляны и опушки, осушенные болота. Отмечается, что в таёжной зоне по степени активности внедрения в техногенные ландшафты *T. farfara* занимает второе место из более чем 40 изученных видов (балл постоянства вида составляет 79 из 100), а при самозарастании отвалов он одним из первых образует заросли [4]. Адаптация к подобным условиям обеспечивает активное успешное внедрение растений в антропогенно нарушенные экотопы, в том числе в городскую среду: обочины дорог, железнодорожные и береговые насыпи, свалки, пустыри, газоны и др. [1, 4], в связи с чем отмечается и высокая фиторемедиационная активность вида [5].

Поскольку тяжёлые металлы относятся к числу одних из самых опасных загрязнителей окружающей среды, которые могут активно

накапливаться растениями, цель исследования – эколого-биогеохимическая оценка состояния растений *T. farfara*, произрастающих на техногенно преобразованных территориях, – становится весьма актуальной.

Объекты и методы исследования

Пробы для исследования были взяты на обочине дороги у окраины микрорайона Кедровка (г. Кемерово) неподалеку от крупного угледобывающего предприятия. На данном участке наблюдается высокая интенсивность движения автотранспорта, в том числе крупногабаритного, но при этом хорошо развита растительность различных ярусов. Образцы растений собраны в первых числах августа. На 3-х участках площадью 10 м² (2×5 м), расположенных на удалении 1,0–1,5 м от дорожного полотна, в разных частях площадок отбирали побеги, по возможности максимально извлекая корневища с корнями. Растения разделяли на подземную часть (корневища с корнями) и листья. Корни очищали от земли и промывали водой до удаления видимых почвенных частиц, листья распределяли на живые и сухие (отмершие). Все образцы высушены до воздушно-сухого состояния. Из полученного материала формировали по 3 смешанные пробы. Образцы проанализированы в 3-х аналитических повторностях, данные приведены в пересчёте на абсолютно сухое вещество.

Элементный химический состав растений исследовали после сухого озоления методом атомно-эмиссионного спектрометрического анализа. В качестве стандартов использовали образцы листа берёзы (ЛБ-1) и элодеи канадской (ЭК-1), результаты определения ТМ в стандартах укладывались в их аттестованные значения.

Экспериментальные данные статистически обрабатывали с помощью пакета программ Statistica 10, приведены средние арифметические значения ($\bar{M}$) и среднеквадратические отклонения (σ) содержания ТМ в исследованных образцах.

Результаты и обсуждение

Полученные данные представлены на рис. 1. Интересно отметить, что листья *T. farfara* накапливают все исследованные ТМ в 1,5–2,5 раза активнее, чем корни.

Такая картина, в принципе, не типична для травянистых растений, обычно в литературе отмечают отсутствие корневого барьера лишь в отношении Cd [6]. Плохая транслокация Pb из корней в побеги показана в работе [7] для 10 видов растений, в том числе мать-и-мачехи. Барьерная функция корневой системы установлена для *T. farfara* в опытах с инкубацией на пути поглощения Pb и Ni. Отложения Pb были в основном приурочены к клеткам ризодермы – главному барьеру на пути поглощения ионов корнем, а также в коре и эндодерме; Ni также локализовался в сердцевине корневища мать-мачехи [8]. М.Д. Уфимцева [5] указывает на преобладание концентрации Mn в листьях по сравнению с корнями на молодом терриконе и обратную ситуацию для растений старовозрастной популяции, а также приводит данные о геохимической гетерогенности индивидуальных особей в пределах однородных экотопов.

В сухих (отмерших) листьях содержится примерно такое же количество Cu, как и в живых, в 2 раза больше Cd, Zn и в 4–5 раза больше Co, Cr, Ni, Pb. Вероятно, это напрямую связано с запылённостью растений, что подтверждают показатели их зольности. В исследуемых листьях растений содержание общей золы – $23,6 \pm 0,6\%$ – несколько превышает указанный в Государственной фармакопее РФ (ГФ РФ) [2] норматив (20%); в листьях, отобранных в сухом состоянии, оно выше практически в 2 раза – $41,4 \pm 2,5\%$; зольность корней *T. farfara* составила $8,5 \pm 0,1\%$. В сухих листьях, по сравнению с живыми, также увеличено хром-никелевое отношение (около 1,3 и 1,0 соответственно) и более чем в 5 раз выше концентрация Si, Fe, Ti и Cr, являющихся хорошими индикаторами поверхностного загрязнения, что явно указывает на наличие в исследуемых образцах мелкодисперсных почвенных частиц [7, 9, 10].

Повышенное содержание общей золы и ТМ в листьях *T. farfara* отмечено также в работе В.Д. Белоноговой [11]. Ранее уже отмечалось, что фоллиарный путь поступления ТМ в растения может играть весьма существенную роль, особенно для растений со специфическими морфолого-анатомическими характеристиками [10],

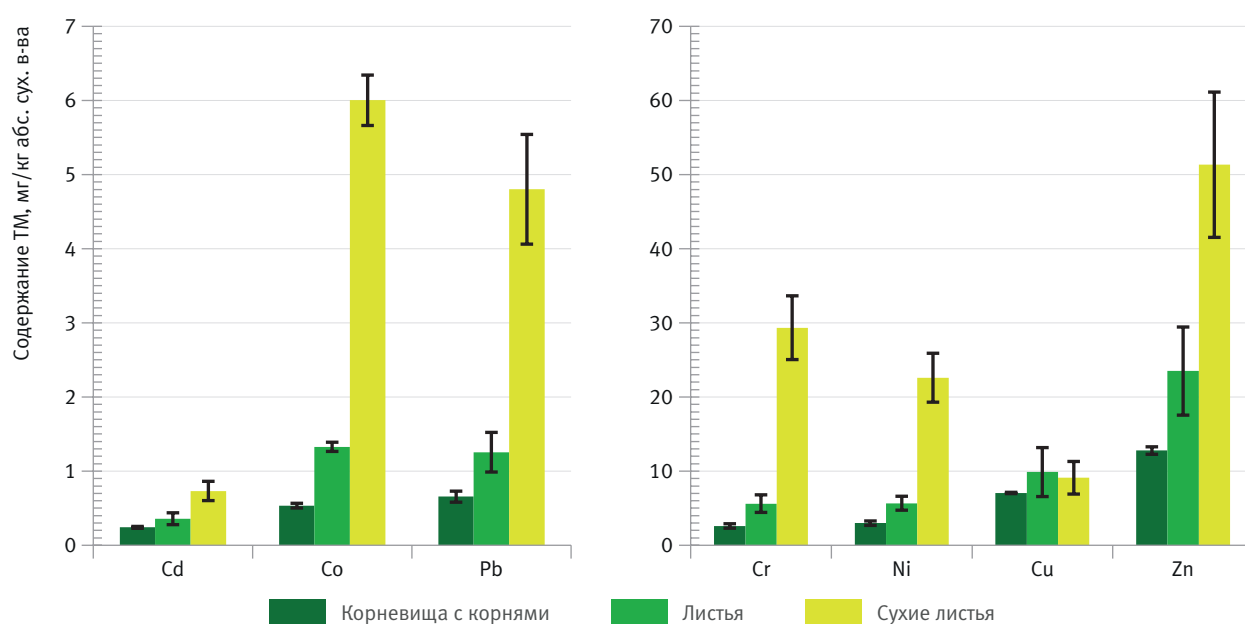


Рис. 1. СОДЕРЖАНИЕ ($M \pm \sigma$) ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ *Tussilago farfara*, мг/кг

в том числе с опушением [12], которое ярко выражено у *T. farfara*. Твёрдые частицы, связанные с ТМ, могут адсорбироваться растениями после влажного или сухого осаждения атмосферных осадков; таким образом, концентрация элементов в травянистых растениях будет зависеть как от относительного уровня воздействия на растения загрязнённой почвы, так и от отложения токсичных элементов из загрязнённого воздуха [13]. Определение содержания ТМ в основных гранулометрических фракциях почв показало, что их концентрация в минеральных частицах размером <10 мкм может быть на порядок выше, чем в почве в целом [14].

Сравнение с так называемым Reference Plant [15] (мг/кг: Cd – 0,05, Co – 0,2, Pb – 1,0, Cr – 1,5, Ni – 1,5, Cu – 10, Zn – 50) показало превышение содержания в листьях Co, Cr, Ni, близкое содержание Pb, Cu и почти в 2 раза меньше Zn. Что касается Cd – мы сомневаемся в корректности установленной величины его кларкового значения, о чём уже упоминали ранее [10].

Содержание в *T. farfara* Cd и Pb можно сравнить с нормативами ГФ РФ [2] – во всех исследованных органах оно не превышает 1 и 6 мг/кг соответственно. На территории Новосибирска также не выявлено загрязнения растений Cd [16]. Не загрязнёнными данными элементами являются и листья *T. farfara* в Тюмени, которые содержат около 0,14 мг/кг Cd и 5 мг/

кг Pb [17]. В статьях А.С. Петухова и др. [17, 18] также весьма подробно проанализировано содержание и других ТМ в почвах и растениях вблизи различных промышленных предприятий. Так, например, содержание Cu находилось в диапазоне от 7 до 13 мг/кг (рис. 2а), а Zn – от 20 до 74 мг/кг (рис. 2г). Авторы указывают [18], что часть ТМ на поверхности листьев может быть удалена дождевой водой, однако металлы способны проникать глубже в листья растений через устьица, чечевички и разрывы в кутикулах. По результатам исследований был составлен следующий ряд аэротехногенной миграции элементов: $Cr > Fe > Co > Mn > Ni > Pb > Cd > Cu > Zn$.

В работе П.К. Игамбердиевой с соавт. [19] представлено более 20 химических элементов в различных видах лекарственных растений экологически чистой территории юга Ферганской долины (Узбекистан) – надземная часть *T. farfara* содержала (мг/кг) 0,65 Cd, 0,48 Co, 0,98 Cr, 6,2 Cu, <1,0 Ni и 27 Zn. В Дагестане (с. Цушар) количество ТМ в надземной части *T. farfara* составило (мг/кг): менее 1,0 Cd, 6,8 Cr, 29,5 Cu, 1,0 Ni, 0,16 Pb и 55 Zn [20]. А вот листья *T. farfara*, приобретённые в аптечной сети Москвы, содержали крайне низкие количества элементов (мг/кг) – 0,01 Cd и Pb, 0,04 Co, 0,08 Ni, 0,22 Cr, 0,29 Cu, 0,9 Zn, на что обращают внимание и сами авторы, объясняя подобные расхождения с литературными данными почвенными, географическими,

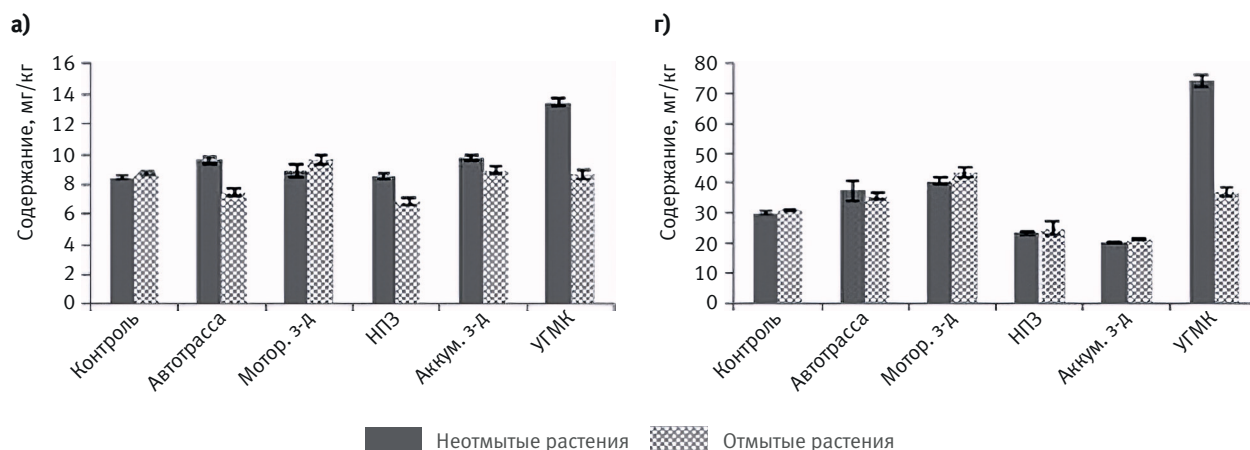


Рис. 2. СОДЕРЖАНИЕ Cu (а) и Zn (г) в листьях *T. farfara* из районов исследования (СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ± ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ; $P=0,95$; $N=6$), мг/кг (ФРАГМЕНТ РИСУНКА ИЗ СТАТЬИ ПЕТУХОВ И ДР. [17])

климатическими и другими особенностями региона заготовки лекарственного растительного сырья [21].

Заключение

Результаты исследования *T. farfara* вблизи автомобильной дороги в Кемерово и литературные данные не выявили высоких содержаний

тяжёлых металлов в растениях и подтвердили соответствие концентраций Cd и Pb нормам, предъявляемым к лекарственному растительному сырью [2].

Специфические анатомо-морфологические особенности *T. farfara* делают его перспективным объектом для мониторинговых исследований по изучению влияния пылевых частиц на элементный химический состав растений и фоллиарного пути поступления в них ТМ.

*Работа выполнена в рамках государственного задания
«Разработка научных основ оценки состояния и восстановления
флористического разнообразия in situ и ex situ в регионах с высокой
степенью деградации экосистем в результате антропогенного
и техногенного воздействий» 2024–2025 гг.
(№ гос. регистрации 124041100075-7)
и государственных заданий Института почвоведения
и агрохимии СО РАН.*

Список источников

1. World Flora Online (WFO). *Tussilago farfara* L. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000117140> (дата обращения: 10.04.2025).
2. Государственная фармакопея Российской Федерации : XIV изд. – Т. IV. – Москва : Министерство здравоохранения РФ, 2018. – 719 с.
3. Medicinal plants of the Russian Pharmacopoeia; their history and applications / A.N. Shikov, O.N. Pozharitskaya, V.G. Makarov, H. Wagner, R. Verpoorte, M. Heinrich // J. Ethnopharmacol. – 2014 – Vol. 154(3). – P. 481–536.
4. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова, М.А. Глазырина. – Екатеринбург : изд-во Уральского университета, 2011. – 268 с.
5. Уфимцева, М.Д. Закономерности накопления химических элементов высшими растениями и их реакции в аномальных биогеохимических провинциях / М.Д. Уфимцева // Геохимия. – 2015. – № 5. – С. 450–465.
6. Серегин, И.В. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 1. – С. 3–26.
7. Plant uptake of trace elements on a Swiss military shooting range: Uptake pathways and land management implications / B.H. Robinson, S. Bischofberger, A. Stoll [et al.] // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 153. – P. 668–676.
8. Еремченко, О.З. Микроэлементный состав растительности на территории техногенной галитной аномалии / О.З. Еремченко, О.А. Четина, Р.В. Кайгородов // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – № 3. – С. 36–40.
9. Bargagli, R. Trace elements in terrestrial plants. An ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery / R. Bargagli. – Berlin : Springer-Verlag, 1998. – 324 p.
10. Загурская, Ю.В. Оценка элементного химического состава растений *Leonurus quinquelobatus* (на примере Западной Сибири) / Ю.В. Загурская, Т.И. Сиромля // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2018. – № 3. – С. 419–435.
11. Белоногова, В.Д. Ресурсы, экологическая безопасность и фитохимические исследования дикорастущих лекарственных растений Пермского края : автореф. дисс. ... д-ра фарм. наук / В.Д. Белоногова. – Пермь, 2009. – 39 с.
12. Leonard, R.J. Particulate matter deposition on roadside plants and the importance of leaf trait combinations / R.J. Leonard, C. McArthur, D.F. Hochuli // Urban Forestry & Urban Greening. – 2016. – Vol. 20. – P. 249–253. DOI:10.1016/j.ufug.2016.09.008.
13. Net particulate matter removal ability and efficiency of ten plant species in Beijing / G. Chen, L. Lin, Y. Hu [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – 63: 127230. DOI:10.1016/j.ufug.2021.127230.
14. Сиромля, Т.И. Использование метода РФА-СИ в почвенно-экологических исследованиях на территории г. Новосибирска // Т.И. Сиромля, С.А. Худяев, А.И. Сысо // Известия РАН. Серия физическая. – 2015. – Т. 79. – № 1. – С. 102–106. DOI:10.7868/S0367676515010287.
15. Dunn, C.E. New Perspectives on Biogeochemical Exploration / C.E. Dunn // Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, 2007. – P. 249–261.
16. Коваль, Ю.И. Сезонное накопление кадмия в листьях *Tussilago farfara* L. / Ю.И. Коваль, Т.И. Бокова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : сборник IV Всероссийской научной конференции. – Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 119–122.
17. Аккумуляция и миграция тяжелых металлов в почвах и растениях в условиях антропогенного загрязнения городской среды / А.С. Петухов, Т.А. Кремлева, Г.А. Петухова, Н.А. Хритохин // Труды Карельского научного центра РАН. – 2022. – № 3. – С. 53–66. DOI: 10.17076/eeco1342.

18. Оценка вклада аэротехногенной миграции тяжелых металлов в условиях городской среды. – Текст : электронный / А.С. Петухов, Т.А. Кремлева, Н.А. Хритохин, Г.А. Петухова // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27. № 6. – С. 62–66. Режим доступа: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-6-62-66>.
19. Игамбердиева, П.К. Исследование содержания химических элементов в лекарственных растениях Южной Ферганы и перспективы применения их при лечении заболеваний / П.К. Игамбердиева, Е.А. Данилова, Н.С. Осинская // Микроэлементы в медицине. – 2017. – № 3. – С. 48–53. DOI: 10.19112/2413-6174-2016-17-3-48-53.
20. Омариева, Л.В. Аккумуляция макро- и микроэлементов лекарственными растениями из почвы / Л.В. Омариева, Ф.М. Юнусова // Вестник Дагестанского государственного университета. – 2014. – Вып. 1. – С. 139–144.
21. Исследование элементного состава грудного сбора № 2 и его компонентов. – Текст : электронный / В.В. Чевидаев, Д.О. Боков, И.В. Гравель, И.А. Самылина // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2024. – № 14 (2). – С. 171–180. – Режим доступа: <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-566>.

References

1. World Flora Online (WFO). *Tussilago farfara* L. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000117140> (data obrashcheniya: 10.04.2025).
2. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii : XIV izd. – T. IV. – Moskva : Ministerstvo zdravoohraneniya RF, 2018. – 719 s.
3. Medicinal plants of the Russian Pharmacopoeia; their history and applications / A.N. Shikov, O.N. Pozharitskaya, V.G. Makarov, H. Wagner, R. Verpoorte, M. Heinrich // J. Ethnopharmacol. – 2014 – Vol. 154(3). – P. 481–536.
4. Ekologicheskie osnovy i opyt biologicheskoy rekul'tivacii narushennyh promyshlennost'yu zemel' / T.S. Chibrik, N.V. Lukina, E.I. Filimonova, M.A. Glazyrina. – Ekaterinburg : izd-vo Ural'skogo universiteta, 2011. – 268 s.
5. Ufimceva, M.D. Zakonomernosti nakopleniya himicheskikh elementov vysshimi rasteniyami i ih reakcii v anomal'nyh biogeochemicheskikh provinciyah / M.D. Ufimceva // Geohimiya. – 2015. – № 5. – S. 450–465.
6. Seregin, I.V. Rol' tkanej kornya i pobega v transporte i nakoplenii kadmiya, svinca, nikelya i stronciya / I.V. Seregin, A.D. Kozhevnikova // Fiziologiya rastenij. – 2008. – T. 55. – № 1. – S. 3–26.
7. Plant uptake of trace elements on a Swiss military shooting range: Uptake pathways and land management implications / B.H. Robinson, S. Bischofberger, A. Stoll [et al.] // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 153. – P. 668–676.
8. Eremchenko, O.Z. Mikroelementnyj sostav rastitel'nosti na territorii tekhnogennoj galitnoj anomalii / O.Z. Eremchenko, O.A. Chetina, R.V. Kajgorodov // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2014. – № 3. – S. 36–40.
9. Bargagli, R. Trace elements in terrestrial plants. An ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery / R. Bargagli. – Berlin : Springer-Verlag, 1998. – 324 r.
10. Zagurskaya, Yu.V. Ocenka elementnogo himicheskogo sostava rastenij *Leonurus quinquelobatus* (na primere Zapadnoj Sibiri) / Yu.V. Zagurskaya, T.I. Siromlya // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki. – 2018. – № 3. – S. 419–435.
11. Belonogova, V.D. Resursy, ekologicheskaya bezopasnost' i fitohimicheskie issledovaniya dikorastushchih lekarstvennyh rastenij Permskogo kraja : avtoref. diss. ... d-ra farm. nauk / V.D. Belonogova. – Perm', 2009. – 39 s.
12. Leonard, R.J. Particulate matter deposition on roadside plants and the importance of leaf trait combinations / R.J. Leonard, C. McArthur, D.F. Hochuli // Urban Forestry & Urban Greening. – 2016. – Vol. 20. – P. 249–253. DOI:10.1016/j.ufug.2016.09.008.
13. Net particulate matter removal ability and efficiency of ten plant species in Beijing / G. Chen, L. Lin, Y. Hu [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – 63: 127230. DOI:10.1016/j.ufug.2021.127230.

14. Siromlya, T.I. Ispol'zovanie metoda RFA-SI v pochvenno-ekologicheskikh issledovaniyakh na territorii g. Novosibirska // T.I. Siromlya, S.A. Hudyaev, A.I. Syso // Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya. – 2015. – T. 79. – № 1. – S. 102–106. DOI:10.7868/S0367676515010287.
15. Dunn, C.E. New Perspectives on Biogeochemical Exploration / C.E. Dunn // Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, 2007. – R. 249–261.
16. Koval', Yu.I. Sezonnoe nakoplenie kadmiya v list'yah Tussilago farfara L. / Yu.I. Koval', T.I. Bokova // Rol' agrarnoy nauki v ustojchivom razvitii sel'skikh territorij : sbornik IV Vserossiyskoj nauchnoj konferencii. – Novosibirsk : IC NGAU «Zolotoj kolos», 2019. – S.119–122.
17. Akkumulyaciya i migraciya tyazhelyh metallov v pochvah i rasteniyah v usloviyah antropogennogo zagryazneniya gorodskoj sredy / A.S. Petuhov, T.A. Kremleva, G.A. Petuhova, N.A. Hritohin // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN. – 2022. – № 3. – S. 53–66. DOI: 10.17076/eco1342.
18. Ocenka vklada aerotekhnogennoj migracii tyazhelyh metallov v usloviyah gorodskoj sredy. – Tekst : elektronnyj / A.S. Petuhov, T.A. Kremleva, N.A. Hritohin, G.A. Petuhova // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2023. – T. 27. № 6. – S. 62–66. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-6-62-66>.
19. Igamberdieva, P.K. Issledovanie sodержaniya himicheskikh elementov v lekarstvennyh rasteniyah Yuzhnoj Fergany i perspektivy primeneniya ih pri lechenii zabolevanij / P.K. Igamberdieva, E.A. Danilova, N.S. Osinskaya // Mikroelementy v medicine. – 2017. – № 3. – S. 48–53. DOI: 10.19112/2413-6174-2016-17-3-48-53.
20. Omarieva, L.V. Akkumulyaciya makro- i mikroelementov lekarstvennymi rasteniyami iz pochvy / L.V. Omarieva, F.M. Yunusova // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – Vyp. 1. – S. 139–144.
21. Issledovanie elementnogo sostava grudnogo sbora № 2 i ego komponentov. – Tekst : elektronnyj / V.V. Chevdaev, D.O. Bokov, I.V. Gravel', I.A. Samylina // Vedomosti Nauchnogo centra ekspertizy sredstv medicinskogo primeneniya. Regulyatornye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennyh sredstv. – 2024. – № 14 (2). – S. 171–180. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-566>.