



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 1. С. 100–109

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2026, vol. 26, iss. 1, pp. 100–109

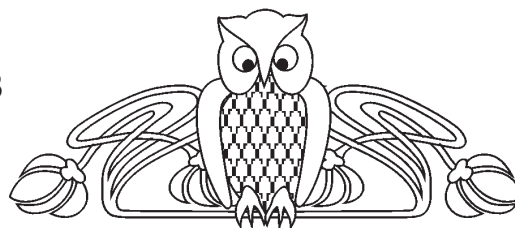
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-1-100-109>, EDN: RVLUTC

Научная статья

УДК 574.24: 615.322

Сравнительный элементный анализ корней лопуха большого и одуванчика лекарственного



Н. А. Дьякова

Воронежский государственный университет, Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

Дьякова Нина Алексеевна, доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической технологии, Ninotchka_V89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>

Аннотация. Урбанизация и антропогенная нагрузка ведут к трансформации экосистем и накоплению экотоксикантов, в том числе тяжелых металлов, в растениях. Лекарственные растения, такие как лопух большой (*Arctium lappa* L.) и одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.), широко применяются в медицине, но могут аккумулировать как эссенциальные, так и токсичные элементы. Целью исследования стало проведение сравнительного анализа макро- и микроэлементного состава корней лопуха большого и одуванчика лекарственного, произрастающих в естественном экотопе Воронежской области. Корни растений и пробы почвы отобраны на территории Воронежского государственного биосферного заповедника (экологически чистая зона). Пробоподготовка проводилась методом микроволнового кислотного разложения. Количественный анализ 59 элементов выполнялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Рассчитывался коэффициент биологического поглощения для оценки способности растений аккумулировать элементы из почвы. Корни лопуха большого – мощный концентратор с высокой биохимической активностью, избирательно накапливающий как полезные (калий, фосфор, цинк, медь), так и потенциально опасные (стронций, кадмий, олово) элементы, что является важным как для его лекарственного применения, так и для использования в качестве растения-индикатора. Корни одуванчика лекарственного имеют менее насыщенный минеральный состав, содержание элементов (19 мг/г) более чем в 2,5 раза ниже, чем в корнях лопуха большого, что указывает на иную стратегию минерального питания. Корни одуванчика лекарственного избирательно поглощают фосфор и кобальт, а также могут быть индикатором свинцового загрязнения. Полученные данные создают основу для разработки стандартизованных препаратов и обоснованного применения изученных видов в фитотерапии и нутрициологии.

Ключевые слова: Воронежская область, лопух большой, одуванчик лекарственный, *Taraxacum officinale* L., *Arctium lappa* L., элементный состав

Для цитирования: Дьякова Н. А. Сравнительный элементный анализ корней лопуха большого и одуванчика лекарственного // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 1. С. 100–109. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-1-100-109>, EDN: RVLUTC

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Comparative elemental analysis of roots of burdock and medicinal dandelion

N. A. Dyakova

Voronezh State University, 1 University Sq., Voronezh 394006, Russia

Nina A. Dyakova, Ninotchka_V89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>

Abstract. Urbanization and human stress lead to ecosystem transformation and accumulation of ecotoxicants, including heavy metals, in plants. Medicinal plants such as large burdock (*Arctium lappa* L.) and medicinal dandelion (*Taraxacum officinale* L.) are widely used in medicine, but can accumulate both essential and toxic elements. The purpose of the study was to conduct a comparative analysis of the macro- and microelement composition of the roots of large burdock and medicinal dandelion, growing in the natural ecotope of the Voronezh region. Plant roots and soil samples were taken on the territory of the Voronezh State Biosphere Reserve (environmentally friendly zone). Sample preparation was carried out by microwave acid decomposition. Quantitative analysis of 59 elements was performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). A biological uptake factor (BSC) was calculated to assess the ability of plants to accumulate elements from the soil. Large burdock root is a powerful concentrator with high biochemical activity, selectively accumulating both useful (potassium, phosphorus, zinc, copper) and potentially dangerous (strontium, cadmium, tin) elements, which is important both for its medicinal use and for use as an indicator plant. Dandelion medicinal roots have a less saturated mineral composition, the content of elements (19 mg/g)



is more than 2.5 times lower than in burdock of large roots, which indicates a different strategy of mineral nutrition. Medicinal dandelion roots selectively absorb phosphorus and cobalt, and can also be an indicator of lead contamination. The data obtained form the basis for the development of standardized drugs and the justified use of the studied species in herbal medicine and nutritionology.

Keywords: Voronezh region, large burdock, medicinal dandelion, *Taraxacum officinale* L., *Arctium lappa* L., elemental composition

For citation: Dyakova N. A. Comparative elemental analysis of roots of burdock and medicinal dandelion. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2026, vol. 26, iss. 1, pp. 100–109 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-1-100-109>, EDN: RVLUTC

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Процесс урбанизации представляет собой одну из ключевых социально-экологических проблем современности. Расширение городов ведет к глубокой трансформации естественных экосистем на занятых и прилегающих территориях. В результате формируется принципиально новая, антропогенная среда, ключевой чертой которой является интенсивное техногенное воздействие. Это проявляется в изменении химического состава атмосферы, деградации почвенного покрова и загрязнении гидросферы. Повышение уровня загрязнения вызывает дестабилизацию природной среды, вынуждая живые организмы существовать на пределе своих адаптационных возможностей. Под антропогенным прессом происходит упрощение структуры растительных сообществ, сокращение видовых ареалов, уменьшение численности популяций в различных фитоценозах, а также изменение фитохимических и минеральных профилей растений [1–3].

Территория Воронежской области исторически относится к значимым агропромышленным регионам. Тем не менее, активная разработка полезных ископаемых, масштабное применение агрохимикатов, а также долгосрочные последствия аварии на Чернобыльской АЭС обострили проблему обеспечения пищевой и перерабатывающей промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Низкокачественное сырье и произведенные из него продукты выступают одним из основных каналов поступления в организм человека различных химических элементов, включая токсичные [4–7]. Микроэлементы, аккумулируемые растениями, образуют с органическими биологически активными соединениями природные комплексы, биодоступность которых для человека существенно выше, чем у синтетических неорганических аналогов [8–10]. В связи с этим при оценке элементного состава лекарственного растительного сырья (ЛРС) особую

значимость приобретают виды, используемые для создания комплексных фитопрепаратов, где синергетический эффект достигается за счет взаимного усиления действия высокомолекулярных соединений и микроэлементов [11].

Неуклонный рост популярности ЛРС и препаратов на его основе обусловлен их доказанной терапевтической эффективностью в сочетании с высоким профилем безопасности и минимальным риском побочных реакций. При этом значительный объем заготавливаемых лекарственных растений приходится на Центральную Россию – регион с высокой плотностью населения, развитой промышленностью, густой транспортной сетью и интенсивным сельским хозяйством [12, 13]. В подобных условиях резко возрастает риск сбора сырья в зонах с неблагоприятной экологической обстановкой, что обуславливает актуальность исследований, направленных на изучение влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений. Известно, что помимо эссенциальных (жизненно необходимых) элементов, лекарственные растения способны аккумулировать тяжелые металлы [14–16].

Несмотря на общемировую тенденцию к детальному изучению элементного профиля, для многих регионов России, включая Центральное Черноземье, такие данные фрагментарны или отсутствуют. Существующие исследования носят выборочный характер и не дают системного представления о полном спектре минеральных веществ в местной лекарственной флоре, их концентрациях и закономерностях распределения, что необходимо для оценки сырьевой базы и ее экологической чистоты [12, 13]. Указанные факторы определяют настоятельную необходимость проведения комплексных исследований по определению макро- и микроэлементного состава лекарственных растений данного региона.

Лопух большой (*Arctium lappa* L.) является типичным синантропным и рудеральным видом, процветающим на антропогенно нарушенных территориях. Его естественный ареал ох-



ватывает умеренные зоны Евразии и Северной Америки, откуда он был интродуцирован и на другие континенты. Растение проявляет высокую экологическую толерантность, включая засухо- и морозоустойчивость. Его классические местообитания – пустыри, свалки, обочины дорог, заброшенные поля и берега водоемов [2, 12, 17]. Препараты корней лопуха большого стимулируют обмен веществ, проявляют диуретическое, потогонное, желчегонное, гепатопротекторное, противовоспалительное, иммуностимулирующее, гипогликемическое, гиполипидемическое действие. Лечебные свойства корней лопуха обусловлены их исключительно богатым и сложным химическим составом, представляющим собой комплекс взаимодополняющих биогенных соединений. Корни лопуха большого содержат до 45% инулина и слизи, до 12,5% протеина, жирное масло (до 0,8% с преобладанием ненасыщенных жирных кислот (линолевая, линоленовая)), фенолкарбоновые кислоты (хлорогеновая, кофейная – до 1,3%), флавоноиды (до 2,3%) и лигнаны (арктиин), горькие вещества, фитостерины (ситостерин), эфирное масло, кумарины, витамины (группа В, С, Е, К), а также широкий спектр макро- (К, Са, Р, Mg) и микроэлементов (Fe, Zn, Se, Mn) [10, 12, 15, 17].

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.) является высокоадаптивным синантропным полиморфным видом. Его ареал охватывает практически все регионы России и стран СНГ, за исключением экстремальных природных зон: арктических тундр, засушливых пустынь. Хорошо развивается на нарушенных и трансформированных местообитаниях. Способность активно заселять слабодренированные территории и положительно реагировать на дигрессию растительных сообществ делает его пионерным видом, подготавливающим условия для последующих сукцессионных стадий [3, 13, 17]. Корень одуванчика лекарственного накапливает широкий спектр биологически активных соединений, состав и концентрация которых варьируются в зависимости от сезона вегетации. Доминирующим компонентом являются полисахарид инулин (до 40–45% осенью) и моносахара (фруктоза, глюкоза, до 18%). Содержат тритерпеновые сапонины (до 1,5%), обуславливающие противовоспалительное действие, а также фитостерины (β -ситостерин, стигмастерин), влияющие на липидный обмен.

Сесквитерпеновый лактон лактукопикрин и другие горечи ответственны за рефлекторное усиление секреции пищеварительных желез. Флавоноиды (до 1,1%) и гидроксикоричные кислоты (до 0,8%), проявляют антиоксидантную и противовоспалительную активность. Корни одуванчика лекарственного содержат протеины и аминокислоты (до 5%), каучук (до 3%), дубильные вещества (танины до 0,4%), слизи, смолы, воск, незначительное количество эфирного масла (до 0,3%) и жирного масла, витамины А, С, группы В (В1, В2, ниацин, никотинамид, холин), каротиноиды (лютеин, тараксантин), а также макро- (К, Са) и микроэлементы (Fe, Zn, Se, Mn, Cu) [18–21].

Корни лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного являются активными концентраторами тяжелых металлов и перспективными видами для фиторемедиации загрязненных почв, хотя их аккумуляционные способности различаются как по набору элементов, так и по интенсивности накопления [2–7, 10, 16].

Лопух обыкновенный обладает способностью аккумулировать в корнях свинец и кадмий, что подтверждено рядом исследований на примере Красноярского [4] и Алтайского [1] краев республики Северная Осетия [10] Российской Федерации, а также на примере республики Беларусь [5], республики Узбекистан [21] часто с многократным превышением ПДК (до 5,4 раза для свинца и 2,4 раза для кадмия вблизи автотрасс Красноярья [4]). Для корней лопуха большого характерно также накопление меди, хрома, кобальта, циркония и железа [2, 4, 6, 7, 10, 16]. В ряде исследований подчеркнута жесткая корреляция между содержанием элементов в почве и в растении, что, наряду с высокими показателями накопления, подтверждает его ремедиаторный потенциал в отношении широкого спектра поллютантов [6, 7, 10, 16].

Одуванчик лекарственный демонстрирует более сложную и дифференцированную картину накопления. Данные Е. О. Клинской [14] о большем накоплении свинца в листьях, чем в корнях, указывают на ведущую роль надземной части в фитоэкстракции. В то же время в разных (Минская область [5], Оренбургская область [16], Южная Фергана [21]) местах зафиксирована высокая накопительная способность корней одуванчика лекарственного в отношении марганца, цинка, меди, хрома, кобальта, олова, железа и алюминия. Корни одуванчика лекар-



ственного активно накапливают цинк, никель и медь, а особенно активно – кадмий [5]. Высокая корреляция с загрязнением почвы и широкий диапазон накопления делают одуванчик не только инструментом ремедиации, но и ценным биоиндикатором [14].

Сравнительный анализ И. Т. Караевой [10] на примере флоры Северной Осетии непосредственно показывает более высокое накопление в корнях лопуха большого свинца, кадмия и меди, а в корнях одуванчика лекарственного — марганца и цинка, что позволяет рассматривать их как взаимодополняющие виды в программах фиторемедиации для комплексной очистки почв от различных групп загрязнителей.

В связи с высокой и разнонаправленной аккумулярующей способностью рассматриваемых видов актуальной задачей является изучение полного элементного анализа корней лопуха большого и одуванчика лекарственного естественного экотопа Воронежской области с целью выявления аккумулярующих способностей в отношении всего спектра макро- и микроэлементов в местах возможной заготовки сырья.

Цель исследования – проведение сравнительного элементного анализа корней лопуха большого и одуванчика лекарственного естественного экотопа Воронежской области.

Материалы и методы

Заготовку корней лопуха большого и одуванчика лекарственного проводили в соответствии с требованиями Государственной фармакопеи [22] на территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В. М. Пескова (Рамонский район Воронежской области). Выбор локации был обусловлен ее экологической чистотой – удаленностью от промышленных зон, крупных населенных пунктов и автомагистралей, что минимизирует риск химического загрязнения сырья.

Корни лопуха большого и одуванчика лекарственного заготавливали осенью (октябрь), очищали от остатков стеблей, листьев, тонких корней, отмывали от земли, разрезали на куски и высушивали. Для каждого эксперимента выбирали 5 опытных площадок. Для исследований использовали объединенные пробы. Каждая объединённая проба состояла из 5 точечных проб (не менее 200 г каждая). Проба расти-

тельного сырья для определения элементного состава выделялась методом квартования из объединенной пробы. Для каждого определения использовали 10,0 г измельченного испытуемого ЛРС [22]. Параллельно с заготовкой корней были отобраны пробы почвы с верхнего горизонта (0–20 см) с места произрастания для последующего сравнительного анализа. Отбор почвенных проб регламентировался ГОСТ Р 58595-2019 и производился по методу «конверта» с применением почвенного ножа.

Отобранные образцы растительного сырья подвергали кислотному разложению для перевода элементов в растворенную форму. Пробоподготовку выполняли с использованием системы микроволнового разложения. Навеску образца помещали во фторопластовый реактор, куда добавляли 5 мл смеси концентрированных азотной (HNO_3) и плавиковой (HF) кислот. Процесс разложения проводили по программе, рекомендованной производителем оборудования. Полученный после разложения раствор количественно переносили в мерную пробирку на 15 мл, выполняя трехкратное смывание реактора деионизованной водой (порциями по 1 мл). Объем полученного раствора доводили до 10 мл той же водой. Для проведения анализа методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой аликвотную часть раствора (1 мл) разбавляли в 10 раз 0,5% раствором азотной кислоты. Определение микроэлементного состава выполняли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре «ELAN-DRC» в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.1483-03. Для построения калибровочных графиков использовали серийные многоэлементные стандартные растворы («Perkin-Elmer»). Контроль правильности получаемых результатов осуществляли с помощью метода добавок [8, 9]. Все анализы выполняли в трехкратной повторности, после чего данные подвергали статистической обработке при доверительной вероятности $p \leq 0,05$.

Для анализа способности ЛРС накапливать химические элементы из почвы был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП). Расчет проводили по формуле:

$$\text{КБП} = C_{\text{ЛРС}} / C_{\text{почва}},$$

где $C_{\text{ЛРС}}$ – концентрация элемента в исследуемом растительном сырье; $C_{\text{почва}}$ – концентрация соответствующего элемента в образце почвы, отобранной в месте произрастания [8, 9].

**Результаты и их обсуждение**

Исследование методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой позволило определить 59 элементов в корнях лопуха большого и одуванчика лекарственного, заготовленных в Воронежской области (таблица).

Общая масса учтенных микро- и макроэлементов в корнях лопуха большого (48 мг/г) существенно выше, чем в корнях одуванчика лекарственного (19 мг/г). Более высокая минерализация корней лопуха большого обеспечивается более высоким накоплением практически всего комплекса элементов, особенно макроэлементов.

Накопление элементов ЛРС из почв*Table. Accumulation of elements by medicinal plant raw materials from soils*

Элемент / Element	Содержание, мкг/г / Content, µg/g			КБП / Biological absorption coefficient	
	Корни лопуха большого / Burdock big root	Корни одуванчика лекарственного / Dandelion medicinal roots	Почва / Soil	Корни лопуха большого / Burdock big root	Корни одуванчика лекарственного / Dandelion medicinal roots
Макроэлементы / Macrocells					
Ca	6605 ± 820	2415 ± 300	19660 ± 2440	0,34	0,12
K	31978 ± 3970	9226 ± 1145	10500 ± 1300	3,05	0,88
Mg	1896 ± 235	1109 ± 138	4400 ± 546	0,43	0,25
Na	3042 ± 378	911 ± 113	3300 ± 410	0,92	0,28
P	1977 ± 245	2478 ± 308	730 ± 91	2,71	3,39
Эссенциальные элементы / Essential elements					
Co	3,7 ± 0,46	4,3 ± 0,53	3,3 ± 0,41	1,13	1,29
Cr	3,1 ± 0,38	3,2 ± 0,40	4,2 ± 0,52	0,73	0,78
Cu	8,5 ± 1,05	5,3 ± 0,66	3,1 ± 0,38	2,73	1,69
Fe	509 ± 63	278 ± 34	19100 ± 2370	0,03	0,01
Li	0,92 ± 0,11	0,32 ± 0,04	8,50 ± 1,05	0,11	0,04
Mn	29 ± 3,6	20 ± 2,5	370 ± 46	0,08	0,05
Mo	0,8 ± 0,10	0,2 ± 0,02	0,9 ± 0,11	0,87	0,24
Ni	2,2 ± 0,27	1,0 ± 0,12	2,3 ± 0,29	1,00	0,45
Se	0,3 ± 0,04	0,2 ± 0,02	8,5 ± 1,05	0,04	0,03
Si	686 ± 85	2071 ± 257	347000 ± 32050	<0,01	0,01
V	3,2 ± 0,40	1,2 ± 0,15	78,0 ± 9,7	0,04	0,01
Zn	32,4 ± 4,0	29,5 ± 3,66	12,0 ± 1,5	2,70	2,46
Токсичные и малоизученные элементы / Toxic and poorly understood elements					
Ag	0,020 ± 0,0022	0,020 ± 0,0024	0,190 ± 0,024	0,09	0,11
Al	1036,8 ± 128,7	447,7 ± 55,6	31100 ± 3860	0,03	0,01
As	0,28 ± 0,035	0,13 ± 0,016	0,90 ± 0,11	0,31	0,14
Au	0,0020 ± 0,00025	0,0030 ± 0,00037	0,060 ± 0,0074	0,04	0,04
Ba	38,4 ± 4,77	9,7 ± 1,20	290,0 ± 36,0	0,13	0,03
Be	0,030 ± 0,0037	0,020 ± 0,0025	2,000 ± 0,248	0,01	0,01
Bi	0,0110 ± 0,0014	0,0050 ± 0,00051	0,110 ± 0,014	0,10	0,05
Cd	0,050 ± 0,0045	0,030 ± 0,0037	0,020 ± 0,0025	2,30	1,48
Ce	0,66 ± 0,082	0,46 ± 0,057	38,0 ± 4,7	0,02	0,01
Cs	0,080 ± 0,010	0,040 ± 0,0050	2,30 ± 0,29	0,03	0,02



Окончание таблицы / Continuation of the Table

Элемент / Element	Содержание, мкг/г / Content, µg/g			КБП / Biological absorption coefficient	
	Корни лопуха большого / Burdock big root	Корни одуванчика лекарственного / Dandelion medicinal roots	Почва / Soil	Корни лопуха большого / Burdock big root	Корни одуванчика лекарственного / Dandelion medicinal roots
Токсичные и малоизученные элементы / Toxic and poorly understood elements					
Dy	0,050 ± 0,0062	0,030 ± 0,0037	2,00 ± 0,25	0,03	0,02
Er	0,030 ± 0,0037	0,020 ± 0,0025	1,20 ± 0,15	0,02	0,01
Eu	0,0150 ± 0,0019	0,0070 ± 0,00087	0,650 ± 0,081	0,02	0,01
Ga	0,210 ± 0,026	0,150 ± 0,019	8,80 ± 1,09	0,02	0,02
Gd	0,070 ± 0,0087	0,050 ± 0,0062	3,00 ± 0,37	0,02	0,02
Ge	0,0210 ± 0,0026	0,0150 ± 0,0019	1,10 ± 0,14	0,02	0,01
Hf	0,0200 ± 0,0023	0,0200 ± 0,0021	1,60 ± 0,20	0,01	0,01
Hg	0,0050 ± 0,00061	0,0030 ± 0,00037	0,050 ± 0,0060	0,10	0,05
Ho	0,0100 ± 0,0012	0,0050 ± 0,00062	0,360 ± 0,045	0,03	0,01
La	0,350 ± 0,043	0,230 ± 0,029	18,00 ± 2,23	0,02	0,01
Lu	0,0040 ± 0,00050	0,0030 ± 0,00037	0,160 ± 0,020	0,03	0,02
Nb	0,082 ± 0,010	0,060 ± 0,0074	6,70 ± 0,83	0,01	0,01
Nd	0,330 ± 0,041	0,280 ± 0,035	15,0 ± 1,86	0,02	0,02
Pb	0,60 ± 0,074	2,00 ± 0,25	4,00 ± 0,50	0,15	0,49
Pr	0,080 ± 0,010	0,050 ± 0,0062	4,10 ± 0,51	0,02	0,01
Rb	7,40 ± 0,92	3,40 ± 0,42	63,0 ± 7,8	0,12	0,05
Sb	0,0200 ± 0,0020	0,0200 ± 0,0022	0,410 ± 0,051	0,05	0,05
Sc	0,620 ± 0,077	0,510 ± 0,063	50,0 ± 6,2	0,01	0,01
Sm	0,070 ± 0,0087	0,050 ± 0,0062	3,20 ± 0,40	0,02	0,01
Sn	2,86 ± 0,35	1,27 ± 0,16	1,20 ± 0,15	2,38	1,06
Sr	157,9 ± 19,6	17,10 ± 2,12	73,0 ± 9,1	2,16	0,23
Ta	0,0040 ± 0,00040	0,0040 ± 0,00050	0,500 ± 0,062	0,01	0,01
Tb	0,0100 ± 0,0012	0,0060 ± 0,00074	0,440 ± 0,055	0,02	0,01
Te	0,030 ± 0,0037	0,040 ± 0,0050	0,100 ± 0,012	0,33	0,41
Th	0,100 ± 0,012	0,070 ± 0,0087	5,40 ± 0,67	0,02	0,01
Ti	36,8 ± 4,57	26,6 ± 3,30	2400 ± 298	0,02	0,01
Tl	0,0150 ± 0,0019	0,0110 ± 0,0014	0,230 ± 0,029	0,07	0,05
Tm	0,0040 ± 0,00040	0,0040 ± 0,00045	0,160 ± 0,020	0,03	0,03
U	0,070 ± 0,0087	0,020 ± 0,0020	1,20 ± 0,15	0,06	0,02
W	0,020 ± 0,0022	0,020 ± 0,0021	0,780 ± 0,097	0,03	0,03
Y	0,250 ± 0,031	0,170 ± 0,021	9,90 ± 1,23	0,03	0,02
Yb	0,020 ± 0,0020	0,020 ± 0,0021	1,10 ± 0,14	0,02	0,01
Zr	0,780 ± 0,097	0,610 ± 0,076	78,0 ± 9,7	0,01	0,01
Всего / In total	48063 ± 5965	19064 ± 2366	439370 ± 54520		



Корни лопуха большого демонстрируют высокую биологическую активность в отношении поглощения из почвы калия (КБП 3,05) и фосфора (КБП 2,71). Это делает их ЛРС ценным для человека источником этих макроэлементов. К сильно накапливаемым эссенциальным микроэлементам корнями лопуха большого относятся цинк (КБП 2,70) и медь (КБП 2,73). Выявлены высокая способность корней лопуха большого к поглощению некоторых условно-токсичных и малоизученных элементов – стронция (КБП 2,16), кадмия (КБП 2,30), олова (КБП 2,38), что является важным индикатором для фитомониторинга и указанием на необходимость осторожности при сборе сырья в загрязненных районах. Четко видна избирательность корней лопуха большого в поглощении многих других токсичных элементов (алюминий, железо, свинец, кремний, все редкоземельные элементы), для большинства из которых КБП менее 0,1, что свидетельствует о барьерной функции корня.

Корни одуванчика лекарственного проявляют более избирательную и, в целом, менее интенсивную способность к поглощению элементов по сравнению с корнями лопуха большого. Ключевая особенность аккумуляции элементов – высокое накопление из почв фосфора (КБП 3,39, что значительно выше, чем у лопуха большого). При этом калий поглощается практически на уровне почвенной концентрации (КБП 0,88). Корни одуванчика лекарственного хорошо концентрируют кобальт (КБП 1,29) и цинк (КБП 2,46). По большинству токсичных элементов (кадмий, мышьяк, ртуть, алюминий) показаны низкие КБП. Исключение составляет свинец, КБП которого корнями одуванчика лекарственного достигло 0,49. Данная особенность растения может быть использована для мониторинга свинцового загрязнения. Стоит также отметить, что у корней одуванчика лекарственного четко выражена барьерная функция для кальция, магния, железа, кремния и практически всех редкоземельных элементов (КБП 0,05).

Сравнительный анализ элементного состава корней лопуха большого и одуванчика лекарственного указывает на их разный минеральный профиль. Лопух большой – мощный аккумулятор, более активный участник круговорота веществ, извлекающий из почвы целый ряд элементов. Одуванчик лекарственный – очень

избирателен и концентрирует только некоторые элементы. У изучаемых видов ЛРС разная приоритетность в макроэлементах: лопух большой – аккумулятор калия, одуванчик лекарственный – фосфора. Из эссенциальных элементов оба вида накапливают цинк, корни лопуха большого выделяются высоким содержанием меди, одуванчика лекарственного – кобальта. В отношении токсичных элементов корни лопуха большого могут выступать индикаторами для мониторинга и фиторемедиации кадмия и стронция, одуванчика лекарственного – свинца. При этом оба растения блокируют поступление многих токсичных элементов (алюминий, железо, редкоземельные), но одуванчик делает это эффективнее.

Полученные результаты коррелируют с данными ряда авторов по аккумуляции способностям корней одуванчика лекарственного [5, 10, 14, 16, 21] и лопуха большого [4–7, 10, 16, 21], что указывает на их видовые особенности накопления ряд микроэлементов, в частности, токсичных.

Заключение

Проведенное исследование, выполненное на территории Воронежской области, представляет собой комплексный сравнительный анализ элементного состава корней лопуха большого и одуванчика лекарственного. Установлено, что корни лопуха большого обладают более высокой общей минерализацией (48 мг/г), чем корни одуванчика (19 мг/г), что свидетельствует о большей интенсивности накопления элементов первым видом. Исследование доказало, что сырье, заготовленное в условиях естественного фитоценоза региона, характеризуется низким содержанием токсичных элементов, что гарантирует его безопасность и высокую минеральную ценность. Выявлены видовые особенности аккумуляции элементов: корни лопуха большого активно накапливают калий (КБП 3,05) и медь (КБП 2,73), корни одуванчика лекарственного – фосфор (КБП 3,39) и кобальт (КБП 1,29). Оба вида эффективно накапливают цинк (КБП 2,70 и 2,46 соответственно).

Подтверждена высокая аккумуляционная способность корней лопуха большого в отношении кадмия (КБП 2,30), стронция (КБП 2,16) и олова (КБП 2,38). Корни одуван-



чика лекарственного проявляют склонность к накоплению свинца (КБП 0,49), что подтверждает его репутацию биоиндикатора. Важно, что оба вида демонстрируют надежную барьерную функцию, блокируя поступление большинства токсичных (Al, Fe, As) и редкоземельных элементов, причем у одуванчика эта барьерная функция выражена сильнее. Полученные данные подтверждают возможность использования лопуха большого в фиторемедиации почв, загрязненных кадмием и стронцием, а одуванчика лекарственного – свинцом.

Работа восполняет пробел в системных данных о полном элементном спектре лекарственной флоры Центрального Черноземья, коррелируя с результатами исследований по другим регионам (Красноярский край, Беларусь, Северная Осетия) и подтверждая видовые особенности накопления элементов.

Список литературы

1. Гравель И. В., Шойхет Я. Н., Яковлев Г. Н., Самылина И. А. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 304 с.
2. Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем лопуха обыкновенного // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 478–487. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-478-487>
3. Дьякова Н. А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье одуванчика лекарственного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24, № 3. С. 49–55. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07>
4. Ефремов А. А., Шаталова Н. В., Стрижова Е. Н., Первышина Г. Г. Влияние экологических факторов на химический состав некоторых дикорастущих растений Красноярского края // Химия растительного сырья. 2002. № 3. С. 53–56.
5. Позняк С. С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 1 (13). С. 123–137.
6. Кончина Т. А., Гузницова М. В. Влияние техногенного загрязнения на некоторые биологические характеристики рудеральных растений // Молодой ученый. 2015. № 23, ч. 2 (103). С. 118–122.
7. Кириенко Н. Н., Терлеева П. С., Первышина Г. Г. Влияние автотранспортного загрязнения биотопа на биохимическую активность *Arctium lappa* и *Plantago major* // Вестник КрасГАУ. 2009. № 7 (34). С. 70–72.
8. Дьякова Н. А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2022. Т. 21, № 1. С. 175–180. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.1.23>
9. Дьякова Н. А. Исследование минерального комплекса корней одуванчика лекарственного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2022. Т. 21, № 2. С. 171–176. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.2.23>
10. Караева И. Т., Хмелевская А. В., Черчесова С. К. Результаты определения минерального состава инулинсодержащих растений, произрастающих в РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53, ч. 3. С. 133–136.
11. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Пиш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека. М. : Медицина, 1991. 496 с.
12. Дьякова Н. А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях лопуха обыкновенного синантропной флоры Воронежской области // Традиционная медицина. 2021. № 2 (65). С. 47–52. https://doi.org/10.54296/18186173_2021_2_47
13. Дьякова Н. А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2020. Т. 19, № 4. С. 158–163.
14. Клинская Е. О. Оценка загрязнения окружающей среды Биробиджана по содержанию свинца в одуванчике лекарственном (*Taraxacum officinale*) // Региональные проблемы. 2005. № 6-7. С. 73–76.
15. Струпан Е. А., Тупсина Н. Н., Струпан О. А. Химический состав дикорастущего лекарственного сырья, произрастающего в Красноярском крае // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 1. С. 124–126.
16. Васильева Т. Н., Брудастов Ю. А. Потенциальные фитоаккумуляторы металлов-поллютантов урбанизированных почв города Оренбурга // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 6 (125). С. 142–146.
17. Куркин В. А. Фармакогнозия. 2-е изд., перераб. и доп. Самара : ООО «Офорт», 2007. 1239 с.
18. Лукашов Р. И., Гурина Н. С. Одуванчик лекарственный. Часть 2. Фармакологические свойства // Рецепт. 2019. Т. 22, № 2. С. 259–265.
19. Тигунцева Н. П., Каницкая Л. В., Естафьев С. Н., Ушаков И. А. Пектиновые полисахариды корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg) // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 1243–1247.



20. Кароматов И. Д., Давлатова М. С. Лечебные свойства лекарственного растения одуванчик // Биология и интегративная медицина. 2018. № 9 (26). С. 145–164.
 21. Игамбердиева П. К., Мамаджанов Б. С., Саудамадова Н. Г. Исследование количества микроэлементов лекарственных растений Южной Ферганы и перспективы их применения при лечении железодефицитной анемии // Современная медицина: актуальные вопросы : сб. ст. по материалам XLIV–XLV междунар. науч.-практ. конф. № 6-7 (41). Новосибирск : СибАК, 2015. С. 80–87.
 22. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 4. М. : ФЭМБ, 2018. 1834 с.
- ### References
1. Gravel' I. V., Shoikhet Ya. N., Yakovlev G. N., Samylna I. A. *Farmakognosiya. Ekotoksikanty v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i fitopreparatakh* [Pharmacognosy. Ecotoxicants in medicinal plant materials and herbal preparations]. Moscow, GEOTAR-Media, 2013. 304 p. (in Russian).
 2. Dyakova N. A. Accumulation of heavy metals and arsenic with medicinal herbal raw material of common shovel harvested in Voronezh region. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 478–487 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-478-487>
 3. D'yakova N. A. Features of the accumulation of heavy metals and arsenic in the medicinal plant material of common dandelion collected in urban and agrobiocenoses of the Voronezh region. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 2021, vol. 24, no. 3, pp. 49–55 (in Russian). <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07>
 4. Efremov A. A., Shatalina N. V., Strizheva E. N., Pervyshina G. G. The influence of environmental factors on the chemical composition of some wild plants of the Krasnoyarsk Territory. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2002, no. 3, pp. 53–56 (in Russian).
 5. Poznyak S. S. Content of some heavy metals in the vegetation of field and meadow agrophytocenoses under conditions of technogenic soil pollution. *Tomsk State University Journal of Biology*, 2011, no. 1 (13), pp. 123–137 (in Russian).
 6. Konchina T. A., Guznishcheva M. V. The influence of technogenic pollution on some biological characteristics of ruderal plants. *Young Scientist*, 2015, no. 23, pt 2 (103), pp. 118–122 (in Russian).
 7. Kirienko N. N., Terleeva P. S., Pervyshina G. G. Influence of motor vehicle biotope pollution on the biochemical activity of *Arctium lappa* and *Plantago major*. *The Bulletin of KSAU*, 2009, no. 7 (34), pp. 70–72 (in Russian).
 8. D'yakova N. A. Study of the mineral complex of common burdock roots. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*, 2022, vol. 21, no. 1, pp. 175–80 (in Russian). <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.1.23>
 9. D'yakova N. A. Investigation of the mineral complex of common dandelion roots. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*, 2022, vol. 21, no. 2, pp. 171–176 (in Russian). <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.2.23>
 10. Karaeva I. T., Khmylevskaya A. V., Cheresova S. K. Results of determining the mineral composition of inulin-containing plants growing in the Republic of North Ossetia-Alania. *Izvestiya of the Gorsk State Agrarian University*, 2016, vol. 53, pt 3, pp. 133–136 (in Russian).
 11. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strochkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka* [Human Microelementoses]. Moscow, Meditsina, 1991. 496 p. (in Russian).
 12. D'yakova N. A. Features of the accumulation of biologically active substances in the roots of common burdock of the synanthropic flora of the Voronezh region. *Traditional Medicine*, 2021, no. 2 (65), pp. 47–52 (in Russian). https://doi.org/10.54296/18186173_2021_2_47
 13. D'yakova N. A. Features of the accumulation of biologically active substances in the roots of common dandelion of the synanthropic flora of the Voronezh region. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*, 2020, vol. 19, no. 4, pp. 158–163 (in Russian).
 14. Klinskaya E. O. Assessment of environmental pollution of Birobidzhan by lead content in medicinal dandelion (*Taraxacum officinale*). *Regional'nye problemy*, 2005, no. 6-7, pp. 73–76 (in Russian).
 15. Strupan E. A., Tipsina N. N., Strupan O. A. Chemical composition of wild medicinal raw materials growing in the Krasnoyarsk Territory. *The Bulletin of KSAU*, 2008, no. 1, pp. 124–126 (in Russian).
 16. Vasil'eva T. N., Brudastov Yu. A. Potential phytoaccumulators of metals-half-soils of urbanized soils of the city of Orenburg. *Vestnik of the Orenburg State University*, 2011, no. 6 (125), pp. 142–146 (in Russian).
 17. Kurkin V. A. *Farmakognosiya. 2-e izd. perer. i dop.* [Pharmacognosy. 2nd ed., revised and expanded]. Samara, OOO "Ofort" Publ., 2007. 1239 p. (in Russian).
 18. Lukashov R. I., Gurina N. S. Common dandelion. Part 2. Pharmacological properties. *Prescripton*, 2019, vol. 22, no. 2, pp. 259–265 (in Russian).
 19. Tiguntseva N. P., Kanitskaya L. V., Estaf'ev S. N., Ushakov I. A. Pectic polysaccharides of common dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg) roots. *Fundamental Research*, 2013, no. 10, pp. 1243–1247 (in Russian).



20. Karomatov I. D., Davlatova M. S. Medicinal properties of the dandelion medicinal plant. *Biology and Integrative Medicine*, 2018, no. 9 (26), pp. 145–164 (in Russian).
21. Igamberdieva P. K., Mamadzhanov B. S., Saidakhmadova N. G. Study of the number of trace elements of medicinal plants in South Fergana and the prospects for their use in the treatment of iron deficiency anemia. *Sovremennaya meditsina: aktual'nye voprosy: sb. st. po materialam XLIV–XLV mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern Medicine: Current Issues: Coll. of arts based on the materials of the 44th–45th Intern. sci. and pract. conf.]. Novosibirsk, SibAK Publ., 2015, no. 6-7 (41), pp. 80–87 (in Russian).
22. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. XIV izd. T. 4* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th ed. Vol. 4]. Moscow, Federal Electronic Medical Library Publ., 2018. 1834 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 29.12.2025; одобрена после рецензирования 19.02.2026; принята к публикации 20.02.2026
The article was submitted 29.12.2025; approved after reviewing 19.02.2026; accepted for publication 20.02.2026