

УДК 574.24: 615.322

DOI 10.34014/2227-1848-2023-2-155-165

## ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕНОСА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА ИЗ ПОЧВ В ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Дьякова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

*Целью настоящего исследования являлось изучение особенностей накопления наиболее опасных тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье синантропной флоры Воронежской области.*

*Материалы и методы.* Исследование проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Изучалось накопление тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка в 10 видах лекарственного растительного сырья, заготовленного в 51 разнообразной с точки зрения антропогенного воздействия точке исследуемого региона.

*Результаты.* Наиболее высокий уровень накопления свинца отмечен в корнях одуванчика лекарственного и лопуха обыкновенного, траве горца птичьего, листьях подорожника. Накопление ртути во всех изучаемых образцах в целом было низким, но более высокий уровень ее аккумуляции отмечался в листьях подорожника большого и крапивы двудомной, траве полыни горькой. Высокие коэффициенты накопления кадмия выявлены в травах полыни горькой и пустырника пятилопастного, корнях лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного, листьях подорожника большого. Мышьяк наиболее интенсивно аккумулируется в травах полыни горькой и тысячелистника обыкновенного, листьях подорожника большого, корнях лопуха обыкновенного. Никель интенсивно накапливается листьями подорожника большого и крапивы двудомной, травами пустырника пятилопастного и горца птичьего. Хром и кобальт активно накапливают корни изучаемых растений. Цинк в наибольшей степени аккумулируется в исследуемых корнях и травах растений.

*Анализ средних значений коэффициентов накопления тяжелых металлов и мышьяка всеми изучаемыми видами лекарственного растительного сырья позволил построить ряд убывания общей средней эффективности аккумуляции определяемых элементов в синантропной флоре Воронежской области, который выглядит следующим образом: цинк > медь > кадмий > кобальт > никель > мышьяк > хром > свинец > ртуть.*

**Ключевые слова:** Воронежская область, лекарственное растительное сырье, тяжелые металлы, мышьяк.

**Введение.** В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом наблюдается устойчивая тенденция к росту использования лекарственных препаратов и биологически активных добавок природного происхождения, особенно растительного. Так, в настоящее время фармацевтический рынок РФ насчитывает около 20 тыс. только лекарственных средств, из которых 30 % – препараты растительного происхождения, и почти 8 тыс. БАД на основе лекарственного растительного сырья (ЛРС) [1, 2].

С учетом высокой стоимости большинства зарубежных лекарственных средств в РФ наблюдается рост спроса на отечественные препараты, в числе которых ведущее место по

объемам продаж в количественном выражении занимают препараты растительного происхождения. Такой высокий интерес к препаратам из лекарственного растительного сырья связан прежде всего с мягкостью и широтой терапевтического действия, возможностью минимизации побочных действий и аллергии, возможностью длительного приема фитопрепаратов, что особенно актуально при хронических заболеваниях, а также значительной эффективностью и относительной безопасностью. С началом рыночных реформ в РФ произошло резкое изменение товарной структуры в пользу дикорастущего лекарственного сырья, удельный вес которого уве-

личился с 51,8 % в советское время до 83,2 % в наши дни [2].

При этом большинство эксплуатируемых ресурсов дикорастущих лекарственных растений расположено в зоне активной хозяйственной деятельности человека, на доступных в транспортном отношении территориях. К ним относятся зоны, прилегающие к населенным пунктам, автомобильным и железным дорогам, сельскохозяйственным полям и фермам, промышленным предприятиям. Экотопы этих территорий подвержены активному воздействию загрязняющих веществ. Произрастая в неблагоприятных экологических условиях, растения накапливают несвойственные для них химические вещества либо вещества в несвойственных растениям концентрациях. Загрязненное лекарственное растительное сырье и фитопрепараты, полученные из такого сырья, являются одним из источников поступления экотоксикантов в организм человека [3–5].

Классификация элементов на биогенные и токсичные весьма условна и часто определяется их концентрацией. Показатели нормальных концентраций элементов в ЛРС значительно варьируют в зависимости от вида растения, его фенологической фазы, адаптации к геохимическим условиям, анализируемых органов, типа почвы, содержания элемента в почве и др.

Термин «тяжелые металлы» в научной литературе определяется по разным критериям: плотность, атомная масса, токсичность, распространенность в окружающей среде, вовлеченность в трофические цепи и т.д. Таким образом, к тяжелым металлам причисляют порядка 40 элементов, которые можно отнести к потенциальным загрязнителям ЛРС, среди которых наиболее опасными являются свинец, ртуть, кадмий, никель, хром, кобальт, медь, цинк [6].

Многочисленные экологические исследования токсичных элементов, содержащихся в ЛРС из различных регионов РФ, стран СНГ и ближнего зарубежья, выявили значительное варьирование их концентраций в сырье и фитопрепаратах. Зачастую такие элементы являются важными компонентами нормальных биохимических и физиологических процессов

в растительных организмах, но при увеличении их концентраций становятся токсичными и приводят к нарушению обмена веществ. При этом в исследованиях показана физиологическая и биохимическая возможность ряда высших растений избирательно накапливать биогенные элементы в необходимых концентрациях и тормозить избыточную аккумуляцию фитотоксичных веществ [7, 8].

Центральное Черноземье – один из важнейших районов растениеводства и земледелия. Широкое освоение минеральных ресурсов, активная химизация сельского хозяйства, расширение производственных площадей и транспортной инфраструктуры, последствия чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения различных отраслей промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Таким образом, значительное, ежегодно возрастающее влияние токсичных химических элементов на растительные организмы обуславливает необходимость комплексной оценки эколого-гигиенического состояния ЛРС Воронежской области с учетом влияния хозяйственной деятельности человека [9, 10].

**Цель исследования.** Изучение особенностей накопления наиболее опасных тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС, произрастающем как в традиционных местах заготовки, так и в антропогенно нарушенных экотопах Воронежской области.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС, широко распространенные в средней полосе России, являющиеся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности: листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), кор-

ни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) [2, 11]. Также отбирали пробы верхних слоев почв (ВСП) (0–10 см от поверхности).

Выбор территорий для сбора образцов обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1): химические промышленные предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис. 1: 27); атомная электростанция (АЭС) в г. Нововоронеж (рис. 1: 8); Международный аэропорт Воронежа им. Петра I (рис. 1: 30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис. 1: 9); Воронежское водохранилище (рис. 1: 29); малые го-

рода (г. Борисоглебск (рис. 1: 25), г. Калач (рис. 1: 26)); зона значительного месторождения никелевых руд (рис. 1: 4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5–7); районы активного ведения сельского хозяйства (рис. 1: 10–22); фон (для сравнения) – заповедные территории (рис. 1: 1–3). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (рис. 1: 32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (рис. 1: 33) – трасса А144 «Курск – Саратов», степная зона (рис. 1: 34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (рис. 1: 35) и железная дорога (рис. 1: 36).

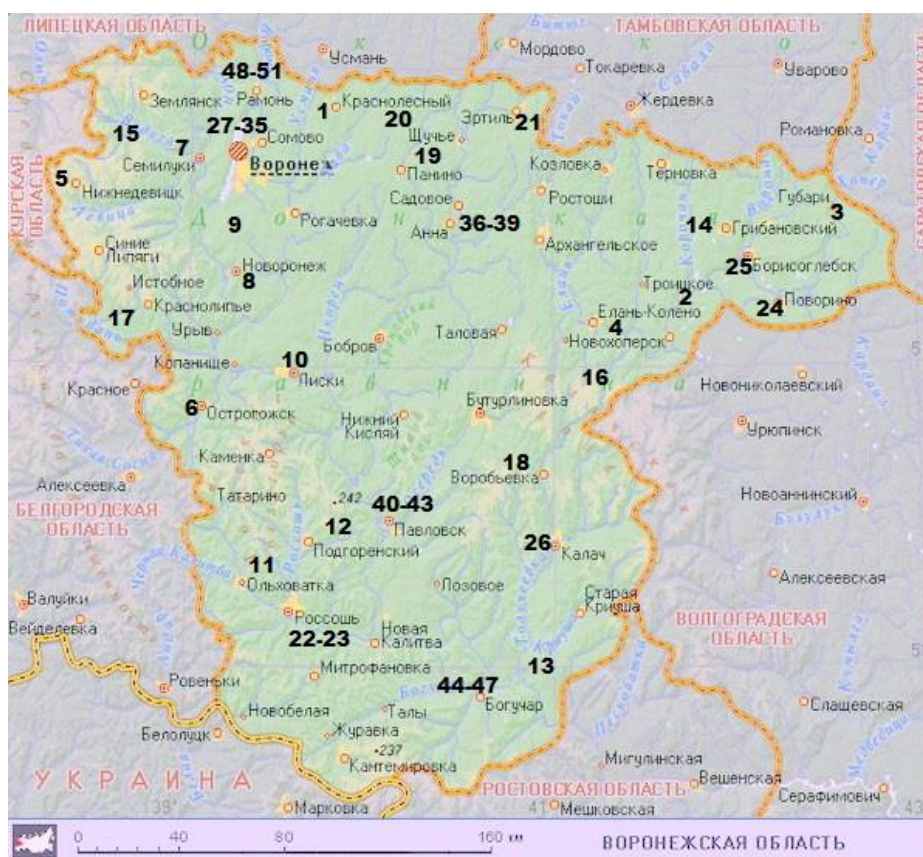


Рис. 1. Карта отбора образцов (цифровые обозначения расшифрованы выше)

Fig. 1. Sample collection

Анализ образцов ЛРС и почв производили на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [12]. Каждое определение проводили троекратно. Данные, полученные в ходе исследо-

ваний, статистически обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel. В образцах определяли концентрацию наиболее токсичных элементов: свинца, мышьяка, ртути, кадмия, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди.

Интенсивность переноса тяжелых металлов и мышьяка из почв в ЛРС оценивали с помощью коэффициентов накопления (КН):

$$КН = \frac{C_{ЛРС} \cdot 100}{C_{ВСП}},$$

где  $C_{ЛРС}$  – содержание элемента в ЛРС, мг/кг;  $C_{ВСП}$  – содержание элемента в ВСП, мг/кг [7–9].

**Результаты и обсуждение.** Валовое содержание всех определяемых тяжелых металлов и мышьяка, кроме никеля (в образце, отобранном вблизи ООО «Бормащ»), в ВСП не превышало ориентировочную допустимую концентрацию, что, вероятно, связано с относительно невысокими требованиями, предъявляемыми к распространенным на территории региона черноземам [13].

Все заготовленные образцы ЛРС соответствовали действующим нормативам по содержанию свинца, ртути и кадмия. По содержанию мышьяка не соответствовали фармакопейным требованиям 12 образцов травы полыни горькой, по 3 образца травы тысячелистника обыкновенного и листьев подорожника большого, 4 образца корней лопуха обыкновенного, 1 образец травы пустырника пятилопастного. Все они были заготовлены вблизи промышленных предприятий, транспортных магистралей и на улицах городов [14–23].

Результаты исследования особенностей накопления наиболее опасных тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС, произрастающем в различных экотопах Воронежской области, приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

**Коэффициенты накопления тяжелых металлов и мышьяка  
в ЛРС синантропной флоры Воронежской области**  
**Heavy metal and arsenic accumulation in medicinal plant raw materials,  
synanthropic flora of Voronezh region**

ЛРС Medicinal plant raw materials	Коэффициенты накопления Accumulation ratio								
	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Трава горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> L.	0,06–0,42 0,14	0,01–0,40 0,05	0,00–0,75 0,11	0,06–0,83 0,09	0,08–1,16 0,27	0,07–0,62 0,16	0,06–0,49 0,12	0,29–1,37 0,51	0,44–2,69 0,82
Трава полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> L.	0,03–0,22 0,07	0,04–0,80 0,12	0,06–6,22 0,74	0,24–3,25 0,41	0,05–0,67 0,18	0,03–0,55 0,07	0,02–0,14 0,05	0,38–3,85 0,83	0,62–2,23 0,83
Трава тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> L.	0,02–0,16 0,07	0,01–0,40 0,06	0,04–1,00 0,17	0,17–2,92 0,27	0,05–0,68 0,16	0,02–0,12 0,05	0,03–0,13 0,06	0,38–2,03 0,61	0,24–2,36 0,53
Трава пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	0,02–0,17 0,07	0,02–0,50 0,07	0,08–1,89 0,47	0,13–1,58 0,19	0,09–1,23 0,27	0,03–0,14 0,07	0,06–0,30 0,10	0,29–1,89 0,54	0,47–2,29 0,76
Листья подорожника большого <i>Plantago major</i> L.	0,04–0,46 0,11	0,04–0,70 0,12	0,04–1,89 0,48	0,17–3,00 0,33	0,05–1,37 0,29	0,13–1,16 0,27	0,05–0,29 0,12	0,12–1,29 0,24	0,28–1,61 0,56

ЛРС Medicinal plant raw materials	Коэффициенты накопления Accumulation ratio								
	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Листья крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> L.	0,03–0,23 0,07	0,04–0,90 0,13	0,00–1,00 0,05	0,03–0,83 0,10	0,09–1,16 0,28	0,07–0,65 0,23	0,01–0,24 0,09	0,18–1,78 0,33	0,38–1,99 0,60
Цветки липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> Mill.	0,01–0,08 0,01	0,00–0,20 0,02	0,00–0,50 0,08	0,01–0,08 0,01	0,01–0,78 0,06	0,00–0,07 0,02	0,01–0,10 0,05	0,05–0,75 0,15	0,30–1,95 0,60
Цветки пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> L.	0,01–0,07 0,02	0,00–0,30 0,03	0,04–1,00 0,16	0,01–0,33 0,05	0,04–1,57 0,16	0,00–0,10 0,03	0,01–0,15 0,04	0,15–1,13 0,31	0,32–1,92 0,49
Корни одуванчика лекарственного <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg	0,09–0,59 0,21	0,02–0,50 0,07	0,11–6,00 0,44	0,12–1,67 0,18	0,04–1,35 0,15	0,20–1,49 0,36	0,52–2,66 0,84	0,14–1,48 0,30	0,58–2,49 0,84
Корни лопуха обыкновенного <i>Arctium lappa</i> L.	0,11–0,90 0,20	0,02–0,50 0,07	0,28–2,14 0,55	0,18–2,58 0,27	0,06–1,16 0,22	0,16–1,14 0,30	0,33–1,90 0,66	0,20–2,38 0,37	0,42–2,87 0,72

**Примечание.** В числителе – диапазон варьирования, в знаменателе – среднее значение.

**Note.** In the numerator – range of variation, in the denominator – mean value.

Рассчитанные средние коэффициенты накопления тяжелых металлов и мышьяка лекарственными растениями, а также ряд ранее проведенных исследований [14–23] позволяют судить о тропности в накоплении токсичных элементов некоторыми видами сырья. Так, свинец больше всего концентрируется в корнях одуванчика лекарственного и корнях лопуха обыкновенного, относительно высоки коэффициенты его накопления также в траве горца птичьего и листьях подорожника большого. Общий ряд убывания способности анализируемых видов ЛРС концентрировать свинец из почв выглядит следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → трава горца птичьего → листья подорожника большого → трава полыни горькой, трава тысячелистника обыкновенного, трава пустырника пятилопастного, листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Концентрация ртути во всех видах сырья невысока, но тем не менее выявить особенности ее накопления также возможно. Наибольшей концентрирующей способностью к накоплению данного металла обладают листья крапивы двудомной, трава полыни горькой, листья подорожника большого. Ряд убывания способности анализируемых видов лекарственного растительного сырья аккумулировать ртуть из почв выглядит следующим образом: листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха обыкновенного → трава тысячелистника обыкновенного → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Кадмий эффективнее всего накапливается в траве полыни горькой, корнях лопуха обыкновенного, листьях подорожника большого,

траве пустырника пятилопастного и корнях одуванчика лекарственного. Общий ряд убывания способности анализируемых видов ЛРС концентрировать кадмий из почв выглядит следующим образом: трава полыни горькой → корни лопуха обыкновенного → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → корни одуванчика лекарственного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → трава горца птичьего → цветки липы сердцевидной → листья крапивы двудомной.

Лидерами по накоплению мышьяка являются трава полыни горькой, листья подорожника большого, трава тысячелистника обыкновенного и корни лопуха большого. Ряд убывания способности анализируемых видов ЛРС аккумулировать мышьяк из почв выглядит следующим образом: трава полыни горькой → листья подорожника большого → трава тысячелистника обыкновенного → корни лопуха большого → трава пустырника пятилопастного → корни одуванчика лекарственного → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Согласно проведенным исследованиям никель также активно накапливается в растениях. Наибольшую концентрирующую способность в отношении никеля проявили листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, трава полыни горькой, трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного, корни лопуха обыкновенного. Общий ряд убывания способности анализируемых видов ЛРС концентрировать никель из почв выглядит следующим образом: листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного → корни лопуха обыкновенного → трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного, цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → цветки липы сердцевидной.

Хром наиболее активно накапливается в корнях и листьях высших растений. Так, наибольшую аккумулирующую способность проявили корни одуванчика лекарственного,

корни лопуха обыкновенного, листья подорожника большого, листья крапивы двудомной. Ряд убывания можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → трава полыни горькой, трава пустырника пятилопастного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Кобальт накапливается преимущественно в корнях растения. Так, корнями одуванчика лекарственного и корнями лопуха обыкновенного кобальт аккумулировался из почв в 8–10 раз активнее, чем другими анализируемыми видами ЛРС. Общий ряд убывания концентрирующей способности анализируемых видов лекарственного растительного сырья в отношении никеля можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → листья подорожника большого, трава горца птичьего → трава пустырника пятилопастного → листья крапивы двудомной → трава тысячелистника обыкновенного → трава полыни горькой, цветки липы сердцевидной → цветки пижмы обыкновенной.

Медь значительно больше всего накапливается в травах: траве полыни горькой, траве тысячелистника обыкновенного, траве пустырника пятилопастного, траве горца птичьего. Ряд убывания аккумулирующей способности анализируемых видов лекарственного растительного сырья в отношении меди выглядит следующим образом: трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного → трава пустырника пятилопастного → трава горца птичьего → корни лопуха обыкновенного → листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → листья подорожника большого → цветки липы сердцевидной.

Цинк хорошо аккумулируется из почв почти всеми изучаемыми видами ЛРС, но лидерами по накоплению цинка можно назвать корни одуванчика лекарственного, траву полыни горькой, траву горца птичьего, траву пустырника пятилопастного, корни лопуха обыкновенного.

новенного. Общий ряд убывания концентрирующей способности анализируемых видов лекарственного растительного сырья в отношении цинка можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → трава полыни горькой → трава горца птичьего → трава пустырника пятилопастного → корни лопуха обыкновенного → листья крапивы двудомной, цветки липы сердцевидной → листья подорожника большого → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной.

При анализе средних значений коэффициентов накопления тяжелых металлов и мышьяка всеми изучаемыми видами ЛРС можно построить общий ряд убывания аккумуляции определяемых элементов данными растениями: цинк → медь → кадмий → кобальт → никель → мышьяк → хром → свинец → ртуть.

**Заключение.** Проведены фундаментальные региональные эколого-фармакогностические исследования качества ЛРС на примере Воронежской области, изучены особенности накопления наиболее опасных тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС синантропной флоры. Наиболее высокий уровень накопления свинца отмечен в корнях одуванчика лекарственного и лопуха обыкновенного, траве горца птичьего, листьях подорожника. Накопление ртути во всех изучаемых образцах в целом низкое, но более высокий уровень ее аккумуляции отмечается в листьях подорожника большого и крапивы двудомной, траве

полыни горькой. Высокие коэффициенты накопления кадмия выявлены в травах полыни горькой и пустырника пятилопастного, корнях лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного, листьях подорожника большого. Мышьяк наиболее интенсивно аккумулируется в травах полыни горькой и тысячелистника обыкновенного, листьях подорожника большого, корнях лопуха обыкновенного. Никель интенсивно накапливается листьями подорожника большого и крапивы двудомной, травами пустырника пятилопастного и горца птичьего. Наиболее активными концентратами хрома и кобальта являются корни; хром также активно накапливается в листьях изучаемых растений. Высоким накоплением меди отличаются травы. Цинк в наибольшей степени аккумулируется в исследуемых корнях и травах растений.

На основе анализа средних значений коэффициентов накопления тяжелых металлов и мышьяка всеми изучаемыми видами лекарственного растительного сырья построен общий ряд убывания аккумуляции определяемых элементов в синантропной флоре Воронежской области, который выглядит следующим образом: цинк → медь → кадмий → кобальт → никель → мышьяк → хром → свинец → ртуть.

Результаты исследования могут быть использованы при заготовке ЛРС для производства препаратов растительного происхождения.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1180.
2. Дьякова Н.А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж: Цифровая полиграфия; 2022. 264.
3. Егорова И.Н., Колмогорова Е.Ю. Оценка качества и безопасности листьев *Betula pendula* Roth., заготовленных в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский» в Кузбассе. Современные проблемы науки и образования. 2015; 2: 550.
4. Егорова И.Н., Неверова О.А., Григорьева Т.И. Оценка содержания тяжелых металлов в почках *Pinus sylvestris* L., произрастающей на породном отвале угольного разреза. Современные проблемы науки и образования. 2015; 6: 598.
5. Егорова И.Н., Неверова О.А. Оценка содержания тяжелых металлов в *Sanguisorba officinalis* L., произрастающей на нарушенных угледобычей землях. Современные проблемы науки и образования. 2014; 6: 1373.
6. Арзамасцев А.П., Коваленко Л.И., Родионова Г.М., Чумакова З.В., Зрелова Л.В. Основы экологии и охраны природы. Москва: Медицина; 2008. 416.

7. Попов А.И., Егорова И.Н. Состояние ресурсной базы дикорастущих лекарственных растений Мариинского, Тяжинского и Чебулинского районов Кемеровской области. Химико-фармацевтический журнал. 1992; 3: 71–73.
8. Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. Новосибирск: Наука; 2010. 315.
9. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А. Оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области. Химико-фармацевтический журнал. 2018; 3: 32–35.
10. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017; 1: 148–154.
11. Путьрский И.Н., Прохоров В.Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. Москва: Махаон; 2000. 656.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 2. Москва: ФЭМБ; 2018. 1423.
13. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Эколого-гигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области. Известия Калининградского государственного технического университета. 2020; 59: 61–72.
14. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбоэкосистемах Воронежской области. Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2020; 5: 70–79.
15. Дьякова Н.А. Экологическая оценка лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной. Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020; 1: 19–26.
16. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae). Вестник Камчатского технического государственного университета. 2019; 48: 71–77.
17. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем лопуха обыкновенного. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021; 4: 478–487.
18. Дьякова Н.А. Анализ накопления тяжелых металлов и мышьяка травой *Leonurus quinquelobatus Gilib.* Вестник Нижневартковского государственного университета. 2021; 2 (54): 48–56.
19. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка травой полыни. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020; 4: 445–453.
20. Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье тысячелистника обыкновенного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020; 3: 213–224.
21. 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; 3: 49–55.
22. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). Ульяновский медико-биологический журнал. 2020; 2: 145–156.
23. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями подорожника большого. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020; 2: 232–239.

Поступила в редакцию 22.07.2022; принята 16.11.2022.

#### Автор

**Дьякова Нина Алексеевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». 394007, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: Ninochka\_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-388>.



**Образец цитирования**

Дьякова Н.А. Интенсивность переноса тяжелых металлов и мышьяка из почв в лекарственные растения синантропной флоры Воронежской области. Ульяновский медико-биологический журнал. 2023; 1: 155–165. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-2-155-165.

**INTENSITY OF HEAVY METAL AND ARSENIC ACCUMULATION  
IN MEDICINAL PLANTS OF SYNANTHROPIC FLORA  
IN VORONEZH REGION****N.A. D'yakova**

Voronezh State University, Voronezh, Russia

*The aim of this study is to examine the peculiarities of the accumulation of the most dangerous heavy metals and arsenic in medicinal plant raw material of the synanthropic flora in the Voronezh region.*

*Materials and Methods. The study was carried out by atomic absorption spectrometry. The author studied the accumulation of heavy metals (lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic in 10 types of medicinal plant raw materials harvested in 51 locations (Voronezh region), which differ in terms of anthropogenic impact.*

*Results. The highest level of lead concentration was noted in Taraxacum officinale F.H. Wigg, and Arctium lappa L. roots, Polygonum aviculare L. and Plantago major L. leaves. Mercury concentration in all studied samples was rather low. A bit higher mercury concentration was noted in Plantago major L and Urtica dioica L. leaves, and Artemisia absinthium L. High cadmium concentration was found in Taraxacum officinale F.H. Wigg and Arctium lappa L. roots, Plantago major L. leaves, Artemisia absinthium L. and Leonurus quinquelobatus Gilib. Arsenic accumulated intensively in Plantago major L. leaves, Arctium lappa L. roots, Artemisia absinthium L. and Achillea millefolium L. Nickel accumulated intensively in Plantago major L. and Urtica dioica L. leaves, Polygonum aviculare L. and Leonurus quinquelobatus Gilib. Zinc accumulated mainly in the roots and herbs themselves. Having analyzed the accumulation coefficients of heavy metals and arsenic for all studied medicinal plant raw materials, we organized the heavy metals and arsenic in the decreasing order: zinc > copper > cadmium > cobalt > nickel > arsenic > chromium > lead > mercury.*

**Key words:** Voronezh region, medicinal plant materials, heavy metals, arsenic.

**Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

**References**

1. Kurkin V.A. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1180 (in Russian).
2. D'yakova N.A. *Ekologicheskaya otsenka syr'evykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti* [Ecological assessment of medicinal plant raw materials in Voronezh region]. Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya; 2022. 264 (in Russian).
3. Egorova I.N., Kolmogorova E.Yu. Otsenka kachestva i bezopasnosti list'ev Betula pendula Roth., zagotovlennykh v usloviyakh porodnogo otvala ugol'nogo razreza «Kedrovskiy» v Kuzbasse [Assessment of the quality and safety of Betula pendula Roth. leaves harvested on a dump coal mine Kedrovskiy in Kuzbass]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; 2: 550 (in Russian).
4. Egorova I.N., Neverova O.A., Grigor'eva T.I. Otsenka sodержaniya tyazhelykh metallov v pochках Pinus sylvestris L., proizrastayushchey na porodnom otvale ugol'nogo razreza [Assessment of heavy metals in the buds of Pinus sylvestris L., growing on a coal mine]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; 6: 598 (in Russian).
5. Egorova I.N., Neverova O.A. Otsenka sodержaniya tyazhelykh metallov v Sanguisorba officinalis L., proizrastayushchey na narushennykh ugledobychey zemlyakh [Assessment of heavy metals in Sanguisorba officinalis L. growing on Kuzbass lands disturbed mining]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; 6: 1373 (in Russian).
6. Arzamastsev A.P., Kovalenko L.I., Rodionova G.M., Chumakova Z.V., Zrelova L.V. *Osnovy ekologii i okhrany prirody* [Fundamentals of ecology and nature conservation]. Moscow: Meditsina; 2008. 416 (in Russian).

7. Popov A.I., Egorova I.N. Sostoyanie resursnoy bazy dikorastushchikh lekarstvennykh rasteniy Mariinskogo, Tyazhinskogo i Chebulinskogo rayonov Kemerovskoy oblasti [Resource base of wild medicinal plants in the Mariinsky, Tyazhinsky and Chebulinsky districts, Kemerovo region]. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*. 1992; 3: 71–73 (in Russian).
8. Nechaeva E.G., Belozertseva I.A., Naprasnikova E.V. *Monitoring i prognozirovaniye veshchestvenno-dinamicheskogo sostoyaniya geosistem sibirskikh regionov* [Monitoring and forecasting of the material-dynamic geosystems state in Siberian regions]. Novosibirsk: Nauka; 2010. 315 (in Russian).
9. D'yakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A. Otsenka sodержaniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'e Voronezhskoy oblasti [Assessment of heavy metals and arsenic concentration in medicinal plant raw materials in Voronezh region]. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*. 2018; 3: 32–35 (in Russian).
10. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Sravnenie osobennostey nakopleniya osnovnykh toksicheskikh elementov tsvetkami lipy serdtsevidnoy i pizhmy obyknovennoy [Comparison of features of accumulation of basic toxic elements in flowers of Tilda Cordata and Tanacetum Vulgare]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2017; 1: 148–154 (in Russian).
11. Putyrskiy I.N., Prokhorov V.N. *Universal'naya entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy*. Moscow: Makhaon; 2000. 656 (in Russian).
12. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [Universal encyclopedia of medicinal plants]. Izdanie XIV. T. 2. Moscow: FEMB; 2018. 1423 (in Russian).
13. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Ekologo-gigienicheskaya otsenka sostoyaniya pochv antropogennykh ekosistem Voronezhskoy oblasti [Ecological and hygienic assessment of anthropogenic ecosystem soils in Voronezh region]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2020; 59: 61–72 (in Russian).
14. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov tsvetkami lipy serdtsevidnoy, proizrastayushchey v agri i urboekosistemakh Voronezhskoy oblasti [Accumulation of heavy metals and arsenic in flowers of small-leaved lime growing in agro-cultural and urban ecosystems of the Voronezh region]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2020; 5: 70–79 (in Russian).
15. D'yakova N.A. Ekologicheskaya otsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya Voronezhskoy oblasti na primere tsvetkov pizhmy obyknovennoy [Ecological assessment of medicinal plant raw materials of the Voronezh region on the example of tansy flowers]. *Vestnik Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2020; 1: 19–26 (in Russian).
16. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Izuchenie nakopleniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka i otsenka vliyaniya pollyutantov na sodержanie flavonoidov u Polygonum aviculare (Caryophyllales, Polygonaceae) [Accumulation of heavy metals and arsenic and effect of polluting substances on flavonoid content in Polygonum aviculare (Caryophyllales, Polygonaceae)]. *Vestnik Kamchatskogo tekhnicheskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2019; 48: 71–77 (in Russian).
17. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka lekarstvennym rastitel'nym syr'em lopukha obyknovennogo [Accumulation of heavy metals and arsenic by medicinal plant raw materials of burdock]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2021; 4: 478–487 (in Russian).
18. D'yakova N.A. Analiz nakopleniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka travoy Leonurus quinquelobatus Gilib [Accumulation of heavy metals and arsenic in Leonurus quinquelobatus Gilib]. *Vestnik Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021; 2 (54): 48–56 (in Russian).
19. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka travoy polyni [Accumulation of heavy metals and arsenic in wormwood grass]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2020; 4: 445–453 (in Russian).
20. D'yakova N.A. Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'e tsysyachelistnika obyknovennogo, sobrannogo v urbo- i agrobiotsenozakh Voronezhskoy oblasti [Peculiarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw material in common yarrow, collected in urban- and agrobiocenoses of the Voronezh region]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2020; 3: 213–224 (in Russian).
21. D'yakova N.A. Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'e oduvanchika lekarstvennogo, sobrannogo v urbo- i agrobiotsenozakh Voronezhskoy oblasti [Peculiarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw material in common yarrow, collected in urban- and agrobiocenoses of the Voronezh region]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2020; 3: 213–224 (in Russian).

- liarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials in dandelion officinalis, collected in urban- and agrobiocenoses of the Voronezh region]. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*. 2021; 3: 49–55 (in Russian).
22. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka list'yami krapivy dvudomnoy (*Urtica dioica* L.) [Accumulation of heavy metals and arsenic in great nettle (*Urtica dioica* L.) leaf tissue]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2020; 2: 145–156 (in Russian).
23. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka list'yami podorozhnika bol'shogo [Accumulation of heavy metals and arsenic in the leaves of *Plantago Major*]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2020; 2: 232–239 (in Russian).

*Received July 22, 2022; accepted November 16, 2022.*

#### Information about the author

**D'yakova Nina Alekseevna**, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Chair of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, Pharmaceutical Department, Voronezh State University. 394007, Russia, Voronezh, Universitetskaya Sq., 1; e-mail: Ninochka\_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-388>.

#### For citation

D'yakova N.A. Intensivnost' perenosa tyazhelykh metallov i mysh'yaka iz pochv v lekarstvennye rasteniya sinantropnoy flory Voronezhskoy oblasti [Intensity of heavy metal and arsenic accumulation in medicinal plants of synanthropic flora in Voronezh region]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2023; 1: 155–165. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-2-155-165 (in Russian).