



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 100–113

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 100–113

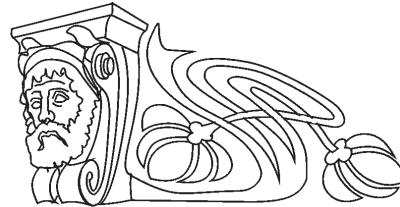
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-100-113>, EDN: VWTHKW

Научная статья

УДК 574.24:615.322

Эколого-гигиенические исследования надземной части полыни горькой синантропной флоры Центральной России



Н. А. Дьякова

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

Дьякова Нина Алексеевна, доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, Ninochka_V89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>

Аннотация. Центральная Россия традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Цель настоящего исследования – эколого-гигиеническое изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка, а также биологически активных веществ в надземной части полыни горькой (*Artemisia absinthium L.*), заготовленных в урбоценозах Центральной России. В условиях эксперимента было проанализировано свыше 50 образцов надземной части полыни горькой, заготовленных на различных в плане антропогенного воздействия территориях Воронежской области, как типичного региона средней полосы России, на предмет содержания тяжелых металлов и мышьяка, а также флавоноидов, экстрактивных веществ и эфирных масел. Выявлено наличие физиологических барьеров, препятствующих аккумуляции избытка ряда токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, кобальт, никель, хром) в растении. Надземная часть полыни горькой в значительных количествах аккумулирует медь и цинк. Особенности аккумуляции тяжелых металлов необходимо учитывать при планировании мест заготовки полыни горькой и оценке качества сырья. Выявлено, что на накопление в надземной части полыни горькой флавоноидов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом этиловым, определяемые токсичные элементы оказывают слабое влияние; для всех тяжелых металлов и мышьяка отмечено отрицательное влияние на содержание эфирных масел.

Ключевые слова: *Artemisia absinthium L.*, полынь горькая, тяжелые металлы, мышьяк, флавоноиды, экстрактивные вещества, эфирные масла

Для цитирования: Дьякова Н. А. Эколого-гигиенические исследования надземной части полыни горькой синантропной флоры Центральной России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 100–113. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-100-113>, EDN: VWTHKW

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

Article

Ecological and hygienic studies of the aerial part of wormwood of the bitter synanthropic flora of Central Russia

N. A. Dyakova

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

Nina A. Dyakova, Ninochka_V89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>

Abstract. Central Russia is traditionally the most important area of crop production and agriculture. The purpose of this study was the ecological and hygienic study of the accumulation of heavy metals and arsenic, as well as biologically active substances in the aboveground part of bitter wormwood (*Artemisia absinthium L.*), harvested in urbocenoses of Central Russia. Under the conditions of the experiment, more than 50 samples of the aboveground part of bitter wormwood prepared in the territories of the Voronezh region, which are different in terms of anthropogenic impact, from a typical region of central Russia, were analyzed for the content of heavy metals and arsenic, as well as flavonoids, extractive substances and essential oils. The presence of physiological barriers that prevent the accumulation of an excess of a number of toxic elements (lead, cadmium, mercury, arsenic, cobalt, nickel, chromium) in the plant was revealed. The aerial part of the wormwood is bitter with significant accumulated quantities of copper and zinc. The peculiarities of accumulation of heavy metals should be taken into account when planning places for harvesting bitter wormwood and assessing the quality of raw materials. It was revealed that the accumulation of bitter flavonoids and extractive substances extracted with 70% ethyl alcohol in the aerial part of wormwood is slightly influenced by the toxic elements determined; for all heavy metals and arsenic, a negative effect on the content of essential oils was noted.

Keywords: *Artemisia absinthium L.*, wormwood is bitter, heavy metals, arsenic, flavonoids, extractives, essential oils

For citation: Dyakova N. A. Ecological and hygienic studies of the aerial part of wormwood of the bitter synanthropic flora of Central Russia. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 100–113 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-100-113>, EDN: VWTHKW

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



Введение

В силу ежегодно возрастающей техногенной нагрузки на окружающую среду увеличивается актуальность контроля за состоянием природных экосистем, установления их эколого-гигиенических показателей под влиянием разнообразных одновременно действующих антропогенных факторов. При этом растения из-за их значительной зависимости от экологического состояния почв, воды, воздуха, часто используются в роли индикаторов загрязнения окружающей среды [1–3].

Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) – многолетнее травянистое растение, является синантропнымrudеральным видом, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей. На территории России встречается практически повсеместно, часто доминирует в формирующихся после антропогенного нарушения фитоценозах [4, 5]. Надземная часть полыни горькой широко используется в медицине как гепатопротекторное, желчегонное, спазмолитическое, противовоспалительное, антисептическое, противопаразитарное средство, улучшает аппетит, а также в пивоваренном и ликероводочном производстве для изготовления вермутов и бальзамов [4, 6–10].

Повсеместное распространение и высокая чувствительность к различным экотоксикантам полыни горькой объясняет ее широкое использование в качестве объекта эколого-гигиенических исследований антропогенного загрязнения окружающей среды [11–20].

Ю. А. Брудастовым и Т. Н. Васильевой при изучении флоры урбоценозов Оренбургской области выявлены высокие аккумулирующие возможности надземной части полыни горькой в отношении кадмия и свинца [11].

А. С. Короловым на примере промышленного урбоценоза Оренбургской области показана высокая аккумуляция надземной частью полыни горькой никеля [12].

Н. О. Милютиной на примере урбоценозов Тамбовской области выявлена тесная взаимосвязь между содержанием меди, цинка, никеля и свинца в грунте и концентрациями их в надземной части полыни горькой. Результаты исследования позволили дать рекомендации по использованию полыни горькой в качестве перспективного растения для фиторемедиации почв [13].

Е. С. Сунцовой на основе исследования более десяти растительных видов урбоценозов Кирово-Чепецкого промышленного комплекса

выявлена высочайшая аккумулирующая способность надземной части полыни горькой к соединениям кадмия, свинца, меди [14].

С. Г. Скугорева, изучая тот же урбоценоз, показала высокую активность надземной части полыни горькой к накоплению из почв не только кадмия, свинца, меди, но и ртути, марганца, кобальта, железа, никеля [15].

В. Б. Любимовым на основе эколого-гигиенических исследований фитоценозов Брянской области показано, что надземная часть полыни горькой относится к биоконцентраторам цинка, хрома, меди и стронция [16].

С. С. Позняк экспериментально подтвердил селективную способностью надземной части полыни горькой к накоплению хрома, свинца, кобальта, олова, циркония, стронция, что также указывает на перспективность растения для фиторемедиации почв [17].

Сравнительные исследования Я. И. Попп и Т. И. Боковой, напротив, позволили отметить минимальные аккумулирующие способности надземной части полыни горькой в отношении кадмия, а также меди [18].

Т. С. Чибрик на примере урбоценозов Челябинской области доказала способность полыни горькой к аккумуляции избытка токсичных элементов при высоком их содержании в среде произрастания, при этом угнетения развития растения не отмечено. Также показано снижение коэффициентов накопления тяжелых металлов в надземной части полыни горькой, произрастающей на почвах с высокими концентрациями органических веществ [19].

Р. Н. Аюовой и В. С. Никитиной изучена динамика накопления флавоноидов в надземной части полыни горькой урбоценозов Республики Башкортостан. Максимальная концентрация флавоноидов отмечена в контрольных образцах (1,8 мг/г). В сырье урбоценозов выявлено снижение содержания флавоноидов (1,0 мг/г и менее), что авторы связывают с высокими концентрациями в почвах кадмия, свинца, меди и органических токсичных соединений [20].

Таким образом, обзор известных эколого-гигиенических исследований качества надземной части полыни горькой показал, что ранее полученные результаты имеют разногласия. Это указывает на актуальность комплексных региональных исследований по изучению особенностей накопления данным видом растительного сырья экотоксикантов, а также их влияния на биосинтез биологически активных веществ (БАВ).



Цель исследования – эколого-гигиеническое изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка, а также БАВ в надземной части полыни горькой, заготовленной в урбоценозах Центральной России.

Материалы и методы

Исследования проводились на основе Воронежской области как типичного региона Центральной России [2, 3]. Для заготовки образцов были выбраны естественные заросли полыни горькой на следующих территориях (табл. 1): заповедные (контрольные) зоны (1–3); территория разработки медно-никелевых месторождений (4); зоны загрязнения после аварии в Чернобыле (5–7); атомная электростанция (8); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); сельскохозяйственные поля (10–22); промышленные предприятия (23, 24, 28); города (25, 26, 31); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (27); городское водохранилище (29); аэропорт (30); дороги разной степени загруженности (32–51).

Заготовку надземной части полыни горькой проводили в сухую погоду в период начала цветения растения, сушили естественным образом. Величина каждой воздушно-сухой пробы сырья составляла не менее 200,0 г в пересчете на абсолютно сухое сырье. Концентрацию токсичных элементов определяли по ОФС.1.5.3.0009 [21]. Измеряли содержание нормируемых элементов – ртути, кадмия, свинца, мышьяка, а также наиболее токсичных ненормируемых в настоящее время металлов – никеля, цинка, кобальта, хрома и меди. Содержание в сырье суммы флавоноидов в пересчете на рутин, эфирных масел и экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, определяли в соответствии с ФС.2.5.0033.15 [22]. В эксперименте использовали атомно-абсорбционный спектрометр «МГА-915МД», спектрофотометр «СФ-2000», водянную баню «ULAB UT-4302E». Каждое определение проводили трижды, результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Изучение взаимосвязи между количественным содержанием токсичных элементов и БАВ проводили на основе корреляционного анализа. При интерпретации рассчитанных коэффициентов корреляции Пирсона применяли шкалу Чеддока [3]. Различия достоверны на 5%-ном уровне значимости (табл. 1–4).

Результаты и их обсуждение

Концентрации токсичных элементов и БАВ в изучаемых образцах надземной части полыни горькой представлены в табл. 1.

Концентрация свинца в сырье не превышала предельно допустимой концентрации [21]. Концентрация металла в образцах составляла от 0,2 до 2,0 мг/кг. Ранее проведенные исследования [23–25] показали, что содержание свинца в верхних слоях почв изучаемых территорий находится на уровне от 1,7 до 34,6 мг/кг (см. табл. 2). Объяснить невысокую аккумуляцию свинца в надземной части полыни горькой представляется возможным тем, что соединения его малорастворимы, а потому малодоступны для растения. Также, вероятно, имеет место наличие физиологического барьера в самом растении, препятствующего накоплению данного экотоксиканта. Известно, что клетки ризодермы и чехлика корней высших растений выделяют слизь, содержащую уроновые кислоты, прочно связывающие тяжелые металлы, что уменьшает их биодоступность для растения [2, 17].

Концентрация ртути в растительных образцах варьировала от 0,002 до 0,009 мг/кг, что на порядки меньше предельно допустимых норм [21]. Концентрация ртути в почвах изучаемых территорий составляла 0,01–0,24 мг/кг [24]. В почве ртуть также образует малорастворимые соединения, достаточно прочно удерживаемые почвенными коллоидами [3, 15].

Содержание кадмия варьировало от 0,02 до 0,56 мг/кг, что также не превышало предельно допустимой концентрации [21], и значительно меньше содержания металла в верхних слоях почв изучаемых территорий (0,02–0,71 мг/кг) [25]. Низкий уровень аккумуляции кадмия, являющегося блокатором ряда ферментных систем, можно также связать с механизмом физиологической блокировки всасывания токсичных элементов [2, 24].

В ряде образцов полыни горькой отмечено превышение предельно допустимой концентрации мышьяка (в сырье, заготовленном вблизи ТЭЦ, промышленных предприятий, на улице города и вдоль водохранилища, вблизи аэропорта, вблизи автотрасс М4, А144 и железной дороги) [21]. Концентрация мышьяка в почвах составляла 0,6–3,8 мг/кг [24]. Соединения мышьяка также обладают способностью образовывать малорастворимые органические комплексы в почвенном растворе [25].



Таблица 1 / Table 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка и БАВ в надземной части полыни горькой
Content of heavy metals and arsenic and biologically active substances in the aboveground part of bitter wormwood

№	Район сбора / Area of collecting	Содержание токсичных элементов, мг/кг / Content of toxic elements, mg/kg						Содержание БАВ, % / Content of biologically active substances, %					
		Cинхрон / Lead	Птитр / Mercury	Марганец / Arsenic	Никель / Nickel	Хром / Chromium	Медь / Copper	Линк / Zinc	Экстрактивные вещества / Extractive substances	Флавоноиды и рутин / Flavonoids and rutin	Фенольные масла / Phenolic oils	Содержание БАВ, % / Content of biologically active substances, %	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Территория Воронежского биосферного заповедника / Territory of the Voronezh Biosphere Reserve	0,3	0,005	0,03	0,34	0,9	0,7	0,2	12,7	25,6	26,0	0,46	1,85
2	Территория Хопперского заповедника / Territory of the Khopersky Reserve	0,3	0,004	0,02	0,22	1,3	0,6	0,3	19,1	28,1	29,6	0,38	-
3	Территория Теллермановского леса / Tellerman Forest Territory	0,3	0,005	0,04	0,20	0,7	0,9	0,2	15,5	23,8	30,1	0,57	2,04
4	Село Елань-Колено / Elan-Koleno village	0,4	0,005	0,05	0,39	1,9	0,4	0,3	12,6	27,0	25,8	0,41	-
5	Село Нижнедевицк / Nizhnedevitsk village	0,5	0,006	0,07	0,31	0,8	0,5	0,4	15,6	19,0	34,7	0,85	-
6	Улица города Острогожск / Street of the city of Ostrogozhsk	0,5	0,006	0,05	0,43	2,7	1,4	0,4	16,4	36,4	31,6	0,92	0,98
7	Улица города Семилуки / Semiluki City Street	0,6	0,004	0,08	0,45	1,5	1,0	0,3	21,9	39,6	37,3	0,91	-
8	Улица города Нововоронеж / Novovoronezh City Street	0,4	0,005	0,11	0,32	0,9	0,7	0,3	15,8	21,3	39,2	1,11	-
9	Высоковольтные линии электропередач / High-voltage power lines	0,7	0,006	0,13	0,37	1,6	1,5	0,3	21,0	48,9	27,4	0,87	-
10	Агроценоз Лискинского р-на / Agrocenosis of the Liskinsky district	0,6	0,006	0,02	0,41	0,7	0,6	0,4	23,7	19,5	27,0	0,84	1,85
11	Агроценоз Ольховатского р-на / Agrocenosis of the Olkhovatsky district	0,2	0,005	0,09	0,43	2,5	0,7	0,3	18,6	34,2	30,1	0,97	-
12	Агроценоз Подгоренского р-на / Agrocenosis of the Podgorensky district	0,4	0,007	0,10	0,46	3,9	0,8	0,4	24,9	25,2	29,1	0,62	-
13	Агроценоз Петропавловского р-на / Agrocenosis of the Peter and Paul district	0,6	0,007	0,14	0,31	0,9	1,4	0,5	33,5	31,7	27,6	0,73	1,63
14	Агроценоз Грибановского р-на / Agrocenosis of the Gribanovsky district	0,5	0,005	0,09	0,48	3,6	0,5	0,2	24,1	42,8	30,8	0,75	-
15	Агроценоз Хохольского р-на / Agrocenosis of the Kholokholsky district	0,4	0,006	0,13	0,40	4,0	0,7	0,2	19,1	37,1	38,6	0,79	-
16	Агроценоз Новохопёрского р-на / Agrocenosis of the Novokhopersky district	0,3	0,006	0,07	0,45	2,6	1,4	0,2	15,9	28,0	42,0	0,71	-
17	Агроценоз Репьевского р-на / Agrocenosis of the Repievsky district	0,6	0,007	0,09	0,47	3,0	0,9	0,3	23,0	31,1	31,4	0,84	-



Продолжение табл. 1 / Continuation of Table 1

№		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	Агроценоз Воробьевского р-на / Agrocenosis of the Vorobyevsky district	0,4	0,009	0,05	0,30	2,5	0,9	0,2	30,6	17,0	29,7	0,94	—	
19	Агроценоз Панинского р-на / Agrocenosis of the Paninsky district	0,5	0,008	0,15	0,39	3,2	1,4	0,3	16,0	37,1	31,9	0,78	—	
20	Агроценоз Верхнекавского р-на / Agrocenosis of the Verkhnekavsky district	0,7	0,006	0,16	0,43	1,7	0,8	0,2	19,7	32,7	36,1	0,79	1,61	
21	Агроценоз Эртильского р-на / Agrocenosis of the Ertil district	0,8	0,007	0,05	0,35	3,1	0,2	0,2	23,9	42,5	26,0	0,66	—	
22	Агроценоз Россоншанского р-на / Agrocenosis of the Rossoshansky district	0,5	0,008	0,12	0,46	3,4	0,8	0,4	22,1	36,3	27,0	0,71	—	
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» / Near OJSC Minudobreniya	0,6	0,009	0,41	0,96	4,2	4,0	0,6	36,5	115,4	42,1	0,91	1,40	
24	Вблизи ООО «Бормаш» / Near Bormash LLC	1,8	0,009	0,31	1,20	5,2	3,0	0,4	45,4	87,4	37,4	0,80	—	
25	Улица города Борисоглебск / Street of the city of Borisoglebsk	1,2	0,008	0,26	0,47	2,5	1,8	0,6	27,0	72,9	38,5	0,99	0,79	
26	Улица города Калач / Kalach City Street	0,9	0,009	0,13	0,45	3,7	2,1	0,4	21,1	59,2	19,0	0,40	—	
27	Вблизи ТеплоЭлектроЦентрали-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж) / Near TeploElektroCentral-1 «VOGRESs» (Voronezh city)	0,5	0,009	0,56	0,90	2,2	2,6	0,7	18,3	87,3	31,3	0,80	—	
28	Вблизи ОАО «Воронежинтезкаучук» (город Воронеж) / Near OJSC Voronezhsintezkauchuk (Voronezh city)	0,9	0,009	0,32	0,57	1,9	2,6	0,5	25,7	96,5	27,5	0,91	—	
29	На удалении 0–100 м от Воронежского водохранилища / At a distance of 0–100 m from of the Voronezh reservoir	0,7	0,006	0,02	0,52	2,3	0,8	0,2	16,9	32,5	32,9	0,60	—	
30	Вблизи международного аэропорта Воронеж / Near Voronezh International Airport	1,0	0,007	0,09	0,55	3,1	1,3	0,3	19,5	28,4	24,8	0,57	—	
31	Улица города Воронеж (улица Дмитрова) / Voronezh City Street (Dmitrova street)	1,7	0,007	0,74	0,63	2,6	2,9	1,0	42,9	101,6	26,3	1,05	0,63	
32	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 0 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	2,0	0,007	0,56	0,73	4,2	2,2	1,2	37,9	81,1	21,7	0,44	0,68	
33	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 100 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	0,8	0,008	0,42	0,65	4,1	1,8	0,5	22,0	59,3	25,0	1,21	—	
34	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 200 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	0,5	0,008	0,12	0,43	2,6	0,7	0,3	18,5	36,6	28,7	0,85	—	
35	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 300 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	0,5	0,008	0,09	0,41	2,1	0,8	0,2	18,1	32,6	25,0	0,68	—	
36	0 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 0 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	1,5	0,009	0,30	0,54	3,0	1,7	1,0	29,5	80,2	25,9	0,57	1,03	
37	100 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 100 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	0,8	0,009	0,20	0,42	2,9	1,7	0,7	21,9	63,9	24,9	0,61	—	



Окончание табл. 1 / Continuation of Table 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		200 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 200 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	0,5	0,007	0,18	0,34	2,5	1,1	0,5	16,9	63,0	25,9	0,86
38	300 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 300 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	0,5	0,007	0,09	0,31	2,0	0,8	0,2	15,2	60,3	34,8	0,73	—
39	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 0 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	1,8	0,007	0,40	0,42	4,4	1,4	0,8	32,9	91,5	25,4	0,58	0,63
40	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 100 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	1,0	0,007	0,32	0,41	3,6	1,1	0,6	28,3	80,5	27,8	0,78	—
41	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 200 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	0,5	0,007	0,23	0,31	3,1	0,8	0,5	21,1	64,2	31,1	0,82	—
42	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 300 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	0,4	0,007	0,12	0,24	2,4	0,9	0,3	17,8	52,9	29,0	0,79	—
43	0 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 0 m from a conventional road in Bogucharsky district	1,0	0,009	0,16	0,42	1,2	0,6	0,4	18,7	39,2	26,2	1,01	—
44	100 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 100 m from a conventional road in Bogucharsky district	0,7	0,008	0,09	0,36	1,2	0,7	0,2	13,8	44,7	24,2	0,82	—
45	200 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 200 m from a conventional road in Bogucharsky district	0,7	0,007	0,03	0,31	1,1	0,5	0,3	17,8	41,6	29,8	0,66	—
46	300 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 300 m from a conventional road in Bogucharsky district	0,6	0,007	0,08	0,31	1,1	0,6	0,3	16,2	35,9	25,8	0,70	—
47	0 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 100 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramon district	1,3	0,009	0,28	0,68	4,3	0,9	0,6	42,8	69,4	19,1	0,41	0,68
48	100 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 100 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramon district	1,1	0,009	0,13	0,59	4,2	0,6	0,3	22,0	52,1	26,8	0,57	—
49	200 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 200 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramon district	0,7	0,007	0,15	0,43	2,1	0,5	0,3	18,1	52,7	28,2	0,78	—
50	300 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 300 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramon district	0,7	0,007	0,10	0,39	1,2	0,6	0,3	17,1	51,6	32,4	0,94	—
51	ПДК / Maximum allowable concentration	6,0	0,1	1,0	0,5	—	—	—	—	—	≥20	≥0,3	≥0,2

Таблица 2 / Table 2

Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер.: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 1

**Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве
Gross content of heavy metals and arsenic in soil**

№	Район сбора / Area of collecting	Тип почвы / Soil type	Содержание токсичных элементов, мг/кг / Content of toxic elements, mg/kg								
			Cadmium / Кадмий	Manganese / Марганец	Nickel / Nickel	Chromium / Хромий	Lead / Cobalt	Copper / Медь	Zinc / Zinc	Mercury / Птитр	Arsenic / Молибден
1	Территория Воронежского биосферного заповедника / Territory of the Voronezh Biosphere Reserve	Дерновые лесные / Sod forest	4,1	0,04	0,02	0,9	2,2	3,9	3,0	3,3	11,5
2	Территория Хопёрского заповедника / Territory of the Khopersky Reserve	Пойменно-лесные серые глеевые / Floodplain-forest gray gleic	4,3	0,02	0,07	0,6	5,8	4,6	2,2	7,4	17,3
3	Территория Теллермановского леса / Tellerman Forest Territory	Темно-серые лесные / Dark gray forest	4,7	0,01	0,03	0,6	2,9	2,9	1,8	6,8	25,6
4	Село Елань-Колено / Elan-Koleno village	Аллювиальные засоленные / Alluvial saline	3,2	0,04	0,06	0,8	6,7	10,2	4,8	7,2	22,7
5	Село Нижнедевицк / Nizhnedevitsk village	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	9,0	0,06	0,16	0,6	1,5	17,5	6,3	13,9	17,0
6	Улица города Острогожск / Street of the city of Ostrogozhsk	Черноземы солонцеватые / Solonetzic chernozems	7,7	0,03	0,19	0,9	10,8	23,4	7,3	16,5	42,7
7	Улица города Семилуки / Semiluki City Street	Черноземы солонцеватые / Solonetzic chernozems	9,9	0,02	0,10	1,1	8,3	26,4	10,6	27,7	50,8
8	Улица города Нововоронеж / Novovoronezh City Street	Черноземы выщелоченные / Leaching chernozems	4,5	0,09	0,02	0,8	2,2	8,3	4,4	4,7	13,9
9	Высоковольтные линии электропередач / High-voltage power lines	Черноземы выщелоченные / Leaching chernozems	12,6	0,05	0,25	1,4	20,1	14,1	8,4	8,0	66,1
10	Агроценоз Лискинского р-на / Agroecosystem of the Liskinsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	7,8	0,05	0,34	0,7	1,5	9,6	9,3	17,9	9,6
11	Агроценоз Ольховатского р-на / Agroecosystem of the Olkhovatsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	1,7	0,07	0,25	1,0	9,0	12,7	5,5	9,3	30,2
12	Агроценоз Подгоренского р-на / Agroecosystem of the Podgorensky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	3,2	0,03	0,24	0,9	13,8	4,5	7,4	26,9	26,6



Продолжение табл. 2 / Continuation of Table 2

№	1	2	Продолжение табл. 2 / Continuation of Table 2								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	Агроценоз Петрапавловского р-на / Agroecosystem of the Peter and Paul district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	4,6	0,07	0,26	0,7	1,4	8,4	10,0	29,6	28,9
14	Агроценоз Грибановского р-на / Agroecosystem of the Gribanovsky district	Черноземы солонцеватые / Solonetzic chernozems	6,2	0,02	0,07	1,3	11,8	4,2	4,0	18,0	35,7
15	Агроценоз Хохольского р-на / Agroecosystem of the Khokhol'sky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	3,5	0,03	0,18	0,8	12,1	6,6	7,0	15,5	41,8
16	Агроценоз Новохопёрского р-на / Agroecosystem of the Novokhopersky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	4,4	0,01	0,21	1,1	4,8	2,5	4,0	10,6	17,9
17	Агроценоз Репьевского р-на / Agroecosystem of the Repievsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	3,2	0,09	0,17	1,2	6,2	7,3	9,9	9,4	21,1
18	Агроценоз Воробьевского р-на / Agroecosystem of the Vorobjevsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	2,8	0,06	0,10	0,7	7,3	4,0	5,1	23,4	14,8
19	Агроценоз Панинского р-на / Agrocenosis of the Paninsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	6,9	0,10	0,24	1,3	10,9	12,9	8,6	10,3	47,9
20	Агроценоз Верхнехавского р-на / Agrocenosis of the Verkhnevakhovsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	11,5	0,09	0,30	1,3	4,9	10,5	6,4	26,8	29,1
21	Агроценоз Эртильского р-на / Agrocenosis of the Ertl district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	13,1	0,11	0,32	0,7	13,0	4,7	4,6	15,0	46,7
22	Агроценоз Россосанского р-на / Agrocenosis of the Rossoshansky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	6,8	0,13	0,24	1,2	14,6	8,5	8,3	28,8	25,0
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» / Near OJSC Minudobreniya	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	10,1	0,12	0,52	2,8	28,5	45,2	18,9	51,6	154,5
24	Вблизи ООО «Бормаш» / Near Bormash LLC	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	34,6	0,06	0,71	3,1	98,3	37,7	16,7	62,4	128,7
25	Улица города Борисоглебск / Street of the city of Borisoglebsk	Черноземы типичные / Typical chernozems	12,4	0,05	0,47	1,1	14,9	25,3	10,5	24,6	95,5
26	Улица города Калач / Kalach City Street	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	14,0	0,02	0,13	1,1	29,9	42,8	9,1	39,2	81,5
27	Вблизи ТеплоЭлектроЦентрали-1 «ВОГРЭС» (г. Воронеж) / Near TeploElektroCentrali-1 «VOGRES» (Voronezh city)	Аллювиальные луговые оглеенные суглинистые / Alluvial meadow clayey loam	7,3	0,16	0,09	3,8	5,4	36,7	12,1	37,9	94,3
28	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж) / Near OJSC Voronezhsyntheskauchuk (Voronezh city)	Аллювиальные луговые оглеенные суглинистые / Alluvial meadow clayey loam	17,4	0,15	0,12	1,6	4,2	43,5	11,3	28,7	132,1
29	На удалении 0–100 м от Воронежского водохранилища / At a distance of 0–100 m from of the Voronezh reservoir	Серые лесостепные среднесуглинистые / Gray forest-steppe medium loamy	11,9	0,14	0,16	1,5	8,5	18,1	7,3	7,9	37,1



Продолжение табл. 2 / Continuation of Table 2

№	1	2	Продолжение табл. 2 / Continuation of Table 2								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
30	Вблизи международного аэропорта Воронеж / Near Voronezh International Airport	Аллювиальные засоленные / Alluvial saline	33,8	0,12	0,21	1,6	15,5	24,6	6,3	28,1	25,9
31	Улица города Воронеж (ул. Дмитрирова) / Voronezh City Street (Dimitrova street)	Урбano-дерново-лесные пестчаные / Urban-sod-forest sandy	15,8	0,16	0,19	1,7	6,2	35,5	21,8	38,3	123,3
32	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 0 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	Серые лесостепные среднесуглинистые / Gray forest-steppe medium loamy	26,6	0,09	0,68	1,9	37,3	25,3	15,0	59,0	94,1
33	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 100 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	Серые лесостепные среднесуглинистые / Gray forest-steppe medium loamy	12,6	0,08	0,58	1,7	26,9	32,1	13,2	30,6	87,4
34	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 200 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	Серые лесостепные среднесуглинистые / Gray forest-steppe medium loamy	10,1	0,02	0,21	1,2	11,2	18,4	8,2	19,6	46,3
35	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не / 300 m from the Don M4 motorway in the Ramonsky district	Серые лесостепные среднесуглинистые / Gray forest-steppe medium loamy	8,0	0,02	0,20	1,1	8,2	19,4	5,1	19,5	30,4
36	0 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 0 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	24,8	0,02	0,34	1,3	39,4	26,9	10,5	42,7	105,6
37	100 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 100 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	17,7	0,02	0,29	1,1	31,3	28,4	11,2	36,2	98,5
38	200 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 200 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	13,8	0,02	0,13	0,8	22,4	23,4	10,2	31,6	86,2
39	300 м от автомагистрали А144 «Каспий» в Аннинском р-не / 300 m from the Caspian A144 motorway in the Anninsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	10,4	0,02	0,09	0,8	12,1	20,7	8,2	32,1	78,6
40	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 0 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	26,8	0,02	0,27	1,0	36,7	22,9	15,7	46,5	116,9
41	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 100 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	19,1	0,02	0,24	0,9	25,9	20,4	14,1	41,8	105,8
42	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 200 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	12,6	0,01	0,19	0,6	17,8	18,6	13,1	35,7	92,7
43	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не / 300 m from the Don M4 motorway in Pavlovsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	10,8	0,01	0,17	0,5	5,8	19,6	12,8	27,5	74,9
44	0 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 0 m from a conventional road in Bogucharsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	10,7	0,02	0,13	1,1	4,8	16,6	7,9	27,9	54,8
45	100 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 100 m from a conventional road in Bogucharsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	4,1	0,01	0,09	1,0	3,9	12,5	6,2	26,8	50,7
46	200 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не / 200 m from a conventional road in Bogucharsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	3,7	0,01	0,04	0,9	3,4	15,0	6,4	29,5	51,5



Окончание табл. 2 / Continuation of Table 2

№	1	2	Окончание табл. 2 / Continuation of Table 2								
			3	4	5	6	7	8	9	10	
47	300 м от дороги обычного типа в Болуцарском р-не / 300 m from a conventional road in Bogucharsky district	Черноземы обыкновенные / Common chernozems	3,3	0,01	0,04	0,7	3,0	11,1	6,3	21,5	36,8
48	0 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 0 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramonsky district	Серые лесные суглинистые / Gray forest loamy	20,2	0,24	0,30	0,9	28,0	18,3	12,8	65,4	90,9
49	100 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 100 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramonsky district	Серые лесные суглинистые / Gray forest loamy	6,2	0,06	0,22	0,8	15,6	14,2	9,6	58,0	83,7
50	200 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 200 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramonsky district	Серые лесные суглинистые / Gray forest loamy	3,9	0,07	0,45	0,4	10,2	10,5	4,1	42,8	74,4
51	300 м от железнодорожных путей Юго-восточной железной дороги в Рамонском р-не / 300 m from the railway tracks of the Southeast Railway in the Ramonsky district	Серые лесные суглинистые / Gray forest loamy	3,0	0,02	0,40	0,1	6,3	9,4	2,2	31,4	64,8

Таблица 3 / Table 3

Коэффициенты корреляции между концентрациями токсичных элементов в почве и надземной части полыни горькой
Correlation coefficients between concentrations of toxic elements in soil and the aboveground part of bitter wormwood

Свинец / Lead	Ртуть / Mercury	Кадмий / Cadmium	Мышьяк / Arsenic	Никель / Nickel	Хром / Chromium	Кобальт / Cobalt	Медь / Copper	Цинк / Zinc
0,78	0,26	<i>0,50</i>	0,85	<i>0,70</i>	<i>0,81</i>	0,71	0,71	0,96

Примечание. Полужирным шрифтом обозначена сильная связь, курсивом – заметная связь; уровень статистической значимости $\beta = 0,05$.
Note. **Bold** indicates strong bond, *italics* indicate prominent bond; significance level $\beta = 0,05$.

Таблица 4 / Table 4

Коэффициенты корреляции между токсичных элементов и БАВ
Correlation coefficients between toxic elements and biologically active substances

Группа БАВ / Biologically active substances group	Свинец / Lead	Ртуть / Mercury	Кадмий / Cadmium	Мышьяк / Arsenic	Никель / Nickel	Хром / Chromium	Кобальт / Cobalt	Медь / Copper	Цинк / Zinc
Экстрактивные вещества / Extractive substances	-0,29	-0,29	-0,13	0,13	-0,09	0,14	-0,29	-0,11	-0,07
Флавоноиды / Flavonoids	-0,12	0,05	0,21	0,09	-0,16	0,19	-0,05	0,01	0,08
Эфирные масла / Essential oils	-0,85	-0,57	-0,72	-0,50	-0,80	-0,38	-0,80	-0,66	-0,71

Примечание. См. примечание к табл. 3.
Note. See note for Table 3.



Предельно допустимые концентрации никеля, а также хрома, кобальта, меди и цинка в лекарственном растительном сырье в настоящее время не регламентированы [21]. Концентрация никеля в надземной части полыни горькой составила 0,7–5,2 мг/кг (содержание его в почвах варьировало от 2,2 до 98,3 мг/кг) [23]. Никель, несмотря на высокую растворимость в почвенном растворе, незначительно накапливается в растительном сырье. Известно, что высокие концентрации металла способствуют угнетению процессов транспирации и фотосинтеза [13, 15].

Концентрация кобальта составила 0,2–1,2 мг/кг (в почвах – 1,8–21,8 мг/кг [25]), что указывает на низкий уровень аккумуляции его надземной частью полыни горькой [14, 23].

Концентрация хрома составила 0,6–4,0 мг/кг (в почвах – 2,5–45,2 мг/кг [22]). Фитотоксичность хрома проявляется в повреждении корней, хлорозе молодых листьев [12, 25]. Очевидно, что накопление хрома и кобальта также блокируется растением на биохимическом уровне, что является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания.

Надземная часть полыни горькой в значительной степени аккумулирует медь и цинк. Концентрация меди в растительном сырье составила 12,7–45,4 мг/кг. Содержание меди в почве определялось на уровне 3,3–65,4 мг/кг [23]. Концентрация цинка в изучаемых образцах составила 19,0–115,4 мг/кг. В почве содержание цинка варьировало от 9,6 до 154,5 мг/кг [24]. Для ряда образцов надземной части полыни горькой (например, для всех образцов, заготовленных на контрольных территориях и в аgroценозах) отмечена более высокая концентрация меди и цинка в сырье, чем в почве места произрастания. Известно, что медь активизирует углеводный и азотный обмены, участвует в процессе фотосинтеза [11, 15, 23]. Цинк активирует более 250 ферментов, участвует в образовании хлорофилла [12, 14]. Однако при высоких концентрациях меди и цинка в почвах урбоценозов (вблизи химических предприятий, автотрасс и железной дороги) темпы аккумуляции металлов снижаются, что говорит о накоплении их в надземной части полыни горькой до физиологически необходимого уровня.

Корреляционные исследования позволили выявить тесную положительную взаимосвязь между концентрациями в почве и раститель-

ном сырье цинка, хрома, кобальта, свинца, мышьяка, меди, никеля, а также заметную между данными показателями для кадмия, что подтверждает информативность данного биообъекта при экологическом исследовании качества почв (см. табл. 3) [2].

Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, в надземной части полыни горькой варьировало от 19,0 до 42,1% (см. табл. 1). Два образца не соответствовали требованиям нормативной документации (заготовленные на улице г. Калач и вдоль железной дороги). В этих образцах сырья также отмечено наименьшая концентрация суммы флавоноидов, также извлекаемых 70% этианолом.

Все образцы надземной части полыни горькой соответствовали фармакопейным требованиям по содержанию суммы флавоноидов и эфирных масел. Образцы контрольных территорий содержали флавоноиды в среднем в 1,5 раза больше допустимого числового показателя. Для образцов антропогенно нарушенных территорий характерны значительно варьирующие результаты. В сырье, заготовленном вблизи сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий, на улицах городов региона, на удалении 100–300 м от транспортных магистралей с высокой интенсивностью движения, наблюдалось относительно высокое содержание флавоноидов (0,8–1,2%), что в 2,7–4 раза превышало их содержание в сырье контрольных зон. Это можно объяснить биохимическим приспособлением растения к значительным окислительным стрессам, в ответ на которые происходит индукция синтеза полифенольных веществ, главными представителями которых являются флавоноиды [3]. В условиях значительного антропогенного воздействия (вдоль автотрасс и железной дороги) заготовлены образцы надземной части полыни горькой с содержанием флавоноидов на уровне 0,4–0,6%, что, вероятно, служит проявлением угнетения ферментной системы биосинтеза флаванолов. Но при удалении от транспортных магистралей уже на 100 м происходит двух- и даже трехкратное (в случае трассы М4) увеличение содержания флавоноидов.

Количественное определение эфирных масел проводили в образцах надземной части полыни горькой наиболее «контрастных» территорий заготовок. Для сырья контрольных территорий и аgroценозов отмечено более вы-



сокое содержание эфирных масел, чем в образцах из урбоценозов. Так, содержание эфирных масел в надземной части полыни горькой контрольных зон составило 1,85–2,04%, агроценозов – 1,61–1,85%, а в ряде урбоценозов были заготовлены образцы сырья с содержанием эфирных масел менее 1%. Эфирные масла, испаряясь, защищают растение от перегрева и вредителей. Очевидно, в урбоценозах, в силу малого видового разнообразия, вытаптывания и прочих антропогенных факторов и воздействий, полынь горькая более подвержена солнечной радиации, а потому гораздо активнее испаряет эфирные масла.

В целях анализа влияния токсичных элементов на накопление БАВ рассчитывали коэффициенты корреляции (см. табл. 4) [3]. Выявлено слабое влияние определяемых токсичных элементов на биосинтез в надземной части полыни горькой флавоноидов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70% этиловым спиртом. Для всех тяжелых металлов и мышьяка отмечено отрицательное влияние на содержание эфирных масел: сильное отрицательное влияние выявлено для свинца, кадмия, никеля, кобальта, цинка; заметное – для меди, мышьяка, ртути; умеренное – для хрома.

Заключение

На основе эколого-гигиенического исследования более 50 образцов надземной части полыни горькой, заготовленной в различных урбоценозах Центральной России, выявлено наличие физиологических барьеров, препятствующих аккумуляции избытка ряда токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, кобальт, никель, хром) в растении. Экспериментально подтверждена перспективность использования растения для фиторемедиации почв. Надземная часть полыни горькой в значительных количествах аккумулирует медь и цинк. Особенности аккумуляции тяжелых металлов необходимо учитывать при планировании мест заготовки полыни горькой и оценке качества сырья. Выявлено, что на накопление в надземной части полыни горькой флавоноидов и экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом этиловым, определяемые токсичные элементы оказывают слабое влияние; для всех тяжелых металлов и мышьяка отмечено отрицательное влияние на содержание эфирных масел.

Список литературы

1. Нечаева Е. Г., Белозерцева И. А., Напрасникова Е. В. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем Сибирских регионов. Новосибирск : Наука. Сиб. отд.-ние, 2010. 315 с.
2. Дьякова Н. А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2022. 264 с.
3. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гравель И. В. Эколого-фармакогностическая оценка качества лекарственного растительного сырья Центрального Черноземья. М. : РУСАЙНС, 2023. 238 с.
4. Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара : Офорт, 2004. 1180 с.
5. Путырский И. Н., Прохоров В. Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. М. : Махаон, 2000. 656 с.
6. Tariku Y., Hymete A., Hailu A., Rohloff J. In vitro evaluation of antileishmanial activity and toxicity of essential oils of *Artemisia absinthium* and *Echinops kebericho* // Chemistry & Biodiversity. 2011. Vol. 8, № 4. P. 614–623. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000331>
7. Craciunescu O., Constantin D., Gaspar A., Toma L., Utoiu E., Moldovan L. Evaluation of antioxidant and cytoprotective activities of *Arnica montana* L. and *Artemisia absinthium* L. ethanolic extracts // Chemistry Central Journal. 2012. Vol. 6, № 1. Article number 97. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-97>
8. Iqbal A., Tariq K. A., Wazir V. S., Singh R. Antiparasitic efficacy of *Artemisia absinthium*, toltrazuril and amprolium against intestinal coccidiosis in goats // Journal of Parasitic Diseases. 2013. Vol. 37, № 1. P. 88–93. <https://doi.org/10.1007/s12639-012-0137-9>
9. Koyuncu I. Evaluation of anticancer, antioxidant activity and phenolic compounds of *Artemisia absinthium* L. extract // Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-Grand, France). 2018. Vol. 64, № 3. P. 25–34. <https://doi.org/10.14715/cmb/2018.64.3.5>
10. Mihajlov-Krstev T., Jovanovic B., Jovic J., Ilic B., Miladinovic D., Matejic J., Rajkovic J., Dortfevic L., Cvetkovic V., Zlatkovic B. Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of *Artemisia absinthium* essential oil // Planta Medica. 2014. Vol. 80, № 18. P. 1698–1705. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1383182>
11. Васильева Т. Н., Брудастов Ю. А. Потенциальные фитоаккумуляторы металлов-полютантов урбанизированных почв города Оренбурга // Вестник ОГУ. 2011. № 6 (125). С. 142–146.
12. Королёв А. С., Гладышев А. А., Юткина И. С. Особенности накопления биоэлементов в надземной части *Artemisia absinthium* L. на шламовом поле криолитового завода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (49). С. 159–161.



13. Милютина Н. О., Осмоловская Н. Г., Политаева Н. А., Куриленко В. В. Анализ миграции тяжелых металлов в системе «почва–растение» при эколого-геологической оценке окружающей среды вокруг полигона ТКО в г. Тамбов // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 3. С. 55–63. <https://doi.org/10.31857/S086978092003008X>
14. Сунцова Е. С., Петухова Е. С., Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я. Анализ содержания радионуклидов и тяжёлых металлов в системе «почва – растения» на техногенной территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 80–85.
15. Скугорева С. Г., Адамович Т. А., Олькова А. С., Домрачева Л. И., Домнина Е. А., Злобин С. С., Измельцева А. В., Ашихмина Т. Я. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2012. № 3. С. 30–37.
16. Любимов В. Б., Анищенко Л. Н., Токман Л. В., Волкова О. В., Борзыко Е. В., Сквородникова Н. А. Итоги разработки системы биоанализа на региональной основе в мониторинге сред обитания // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2011. № 1 (2). С. 49–60.
17. 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.
18. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (42). С. 84–92.
19. Чибrik T. C. Изменчивость микроэлементного состава *Artemisia absinthium* L. // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 106–113.
20. Аюрова Р. Н., Никитина В. С. Вторичные метаболиты высших растений и диагностика состояния окружающей среды // Приоритетные направления развития науки и технологий : тезисы докладов XVI междунар. науч.-техн. конф. / под ред. В. М. Панарина. Тула : Инновационные технологии, 2014. С. 21–23.
21. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XV. URL: <https://pharmacopoeia.reg-med.ru/pharmacopoeia/izdanie-15> (дата обращения: 10.04.2024).
22. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 4. М. : ФЭМБ, 2018. 1833 с.
23. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Кукуева Л. Л., Мындра А. А., Шушунова Т. Г. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016. № 2. С. 119–126.
24. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Экологогигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области // Известия Калининградского государственного технического университета. 2020. № 59. С. 61–72. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2020-59-61-72>
25. Дьякова Н. А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2019. Вып. 95. С. 19–30.

References

1. Nечаева E. G., Belozerceva I. A., Naprasnikova E. V. *Monitoring i prognozirovaniye veshchestvenno-dinamicheskogo sostoyaniya geosistem Sibirsikh regionov* [Monitoring and forecasting of real-dynamic state of geosystems of Siberian regions]. Novosibirsk, Nauka, Sib. otd-nie, 2010. 315 p. (in Russian).
2. D'yakova N. A. *Ekologicheskaya otsevka syr'evykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti* [Environmental assessment of raw materials of medicinal plants of the Voronezh region]. Voronezh, Tsifrovaya poligrafiya, 2022. 264 p. (in Russian).
3. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gravel' I. V. *Ekologofarmakognosticheskaya otsevka kachestva lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya Central'nogo Chernozem'ya* [Ecological and pharmacognostic assessment of the quality of medicinal plant raw materials of the Central Black Earth Region]. Moscow, RUSAJNS, 2023. 238 p. (in Russian).
4. Kurkin V. A. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Samara, Ofort, 2004. 1180 p. (in Russian).
5. Putyrskij I. N., Prohorov V. N. *Universal'naya entsiklopedia lekarstvennykh rasteniy* [Universal Encyclopedia of Medicinal Plants]. Moscow, Makhaon, 2000. 656 p. (in Russian).
6. Tariku Y., Hymete A., Hailu A., Rohloff J. *In vitro* evaluation of antileishmanial activity and toxicity of essential oils of *Artemisia absinthium* and *Echinops kebericho*. *Chemistry & Biodiversity*, 2011, vol. 8, no. 4, pp. 614–623. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000331>
7. Craciunescu O., Constantin D., Gaspar A., Toma L., Utoiu E., Moldovan L. Evaluation of antioxidant and cytoprotective activities of *Arnica montana* L. and *Artemisia absinthium* L. ethanolic extracts. *Chemistry Central Journal*, 2012, vol. 6, no. 1, article no. 97. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-97>
8. Iqbal A., Tariq K. A., Wazir V. S., Singh R. Antiparasitic efficacy of *Artemisia absinthium*, toltrazuril and am-

- prolum against intestinal coccidiosis in goats. *Journal of Parasitic Diseases*, 2013, vol. 37, no. 1, pp. 88–93. <https://doi.org/10.1007/s12639-012-0137-9>
9. Koyuncu I. Evaluation of anticancer, antioxidant activity and phenolic compounds of *Artemisia absinthium* L. extract. *Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-Grand, France)*, 2018, vol. 64, no. 3, pp. 25–34. <https://doi.org/10.14715/cmb/2018.64.3.5>
 10. Mihajilov-Krstev T., Jovanovic B., Jovic J., Ilic B., Miladinovic D., Matejic J., Rajkovic J., Dertfevic L., Cvetkovic V., Zlatkovic B. Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of *Artemisia absinthium* essential oil. *Planta Medica*, 2014, vol. 80, no. 18, pp. 1698–1705. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1383182>
 11. Vasil'eva T. N., Brudastov Yu. A. Potential phytoaccumulators of metals-pollutants of urbanized soils of the city of Orenburg. *Vestnik of Orenburg State University*, 2011, no. 6 (125), pp. 142–146 (in Russian).
 12. Korolyov A. S., Gladyshev A. A., Yutkina I. S. Features of accumulation of bioelements in the aboveground part of *Artemisia absinthium* L. on the sludge field of the cryolite plant. *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*, 2014, no. 5 (49), pp. 159–161 (in Russian).
 13. Milyutina N. O., Osmolovskaya N. G., Polataeva N. A., Kurilenko V. V. Analysis of heavy metal migration in the soil-plant system upon the ecological-geological assessment of the environment around the landfill in Tambov. *Geocology. Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology*, 2020, no. 3, pp. 55–63 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S086978092003008X>
 14. Suncova E. S., Petuhova E. S., Ashihmina T. Ya., Kantor G. Ya. Analysis of the content of radionuclides and heavy metals in the soil-plant system in the technogenic territory of the Kirovo-Chepetsk industrial complex. *Theoretical and Applied Ecology*, 2015, no. 2, pp. 80–85 (in Russian).
 15. Skugoreva S. G., Adamovich T. A., Ol'kova A. S., Domracheva L. I., Domnina E. A., Zlobin S. S., Izmest'eva A. V., Ashihmina T. Ya. Use of bioindication and biotesting methods in assessing the state of the natural complex in the zone of influence of the Kirovo-Chepetsk chemical combine. *Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2012, no. 3, pp. 30–37 (in Russian).
 16. Lyubimov V. B., Anishchenko L. N., Tokman L. V., Volkova O. V., Borzdyko E. V., Skovorodnikova N. A. Results of the development of a bioanalysis system on a regional basis in habitat monitoring. *Yearbook of the Research Institute for Basic and Applied Research*, 2011, no. 1 (2), pp. 49–60 (in Russian).
 17. Poznyak S. S. The content of some heavy metals in the vegetation of field and meadow agrophytocenoses in conditions of technogenic pollution of the soil cover. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 2011, no. 1 (13), pp. 123–137 (in Russian).
 18. Popp Ya. I., Bokova T. I. The content of zinc, copper and cadmium in various types of medicinal plants growing in the floodplains of the Irtysh and Ob rivers. *Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*, 2017, no. 1 (42), pp. 84–92 (in Russian).
 19. Chibrik T. S. Variability of microelement composition of *Artemisia absinthium* L. *Optimization and Protection Ecosystems*, 2014, iss. 11, pp. 106–113 (in Russian).
 20. Ayupova R. N., Nikitina V. S. Secondary metabolites of higher plants and environmental diagnostics. Panarin V. M., ed. *Priority Directions of Development of Science and Technology: Abstract of reports of the XVI International sci.-tech. conf.* Tula, Innovatsionnye tekhnologii, 2014, pp. 21–23 (in Russian).
 21. *State Pharmacopoeia of the Russian Federation*. Edition XV. Available at: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15> (accessed April 10, 2024) (in Russian).
 22. *State Pharmacopoeia of the Russian Federation*. Edition XIV. Vol. 4. Moscow, FEMB, 2018. 1833 p. (in Russian).
 23. D'yakova N. A., Samylina I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Kukueva L. L., Myndra A. A., Shushunova T. G. Assessment of the ecological state of samples of the upper layers of soils and roots of medicinal dandelion taken in the Voronezh region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2016, no. 2, pp. 119–126 (in Russian).
 24. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Ecological and hygienic assessment of the soil condition of anthropogenic ecosystems of the Voronezh region. *News of Kaliningrad State Technical University*, 2020, no. 59, pp. 61–72 (in Russian). <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2020-59-61-72>
 25. D'yakova N. A. Assessment of heavy metal pollution of the upper soil layers of the urban and agroecosystems of the Central Black Earth Region. *Scientific and Practical Journal "Vestnik IrGSHA"*, 2019, iss. 95, pp. 19–30 (in Russian).

Поступила в редакцию 28.05.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024;
принята к публикации 09.09.2024; опубликована 31.03.2025

The article was submitted 28.05.2024; approved after reviewing 05.09.2024;
accepted for publication 09.09.2024; published 31.03.2025