



## ЭКОЛОГИЯ

УДК 574.24: 615.322

### Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем полыни горькой

Н. А. Дьякова

Дьякова Нина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, Воронежский государственный университет, Ninochka\_v89@mail.ru

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Целью исследования являлось изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере полыни горькой, собранной в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Изучалось накопление тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка, в 51 образце полыни горькой. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в надземной части полыни горькой, можно предполагать наличие значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах растения, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Полынь горькая способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (такие как медь и цинк). Таким образом, для полыни горькой в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, образующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что полынь горькая способна накапливать токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

**Ключевые слова:** Воронежская область, полынь горькая, свинец, ртуть, кадмий, никель, медь, цинк, кобальт, хром.

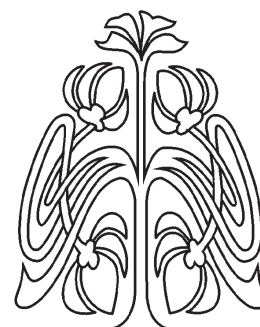
Поступила в редакцию: 29.04.2020 / Принята: 08.05.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

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

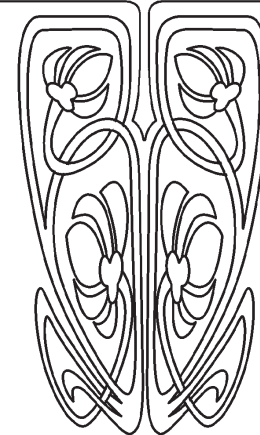
DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453>

#### Введение

На сегодняшний день в медицинской и фармацевтической практике нашей страны применяется более 6 тысяч лекарственных препаратов на основе лекарственного растительного сырья. Значительный интерес к таким лекарственным средствам объясняется тем, что фитопрепараты обладают хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью. Большая доля заготовок фитосырья расположена в европейской части Российской Федерации, отличающейся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, развитием транспортных магистралей. В связи с этим увеличивается угроза сбора растительного сырья в экологически неблагоприятных районах и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [1, 2].



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





Синантропным видом, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей, является полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся, травянистое, издревле используемое в медицине растение с выраженным желчегонным и противовоспалительным эффектом. Широкое применение обусловлено богатым химическим составом надземной части полыни горькой, основу которого составляют горькие гликозиды, флавоноиды, дубильные вещества (до 2,5%), эфирное масло, эфирные масла, каротин, органические кислоты, макро- и микроэлементы [3, 4]. При этом полынь горькая благодаря хорошо развитой разветвленной корневой системе хорошо накапливает фосфор, хром, медь, цинк. По этой же причине данное растение иногда используют для очистки почв от тяжелых металлов [5].

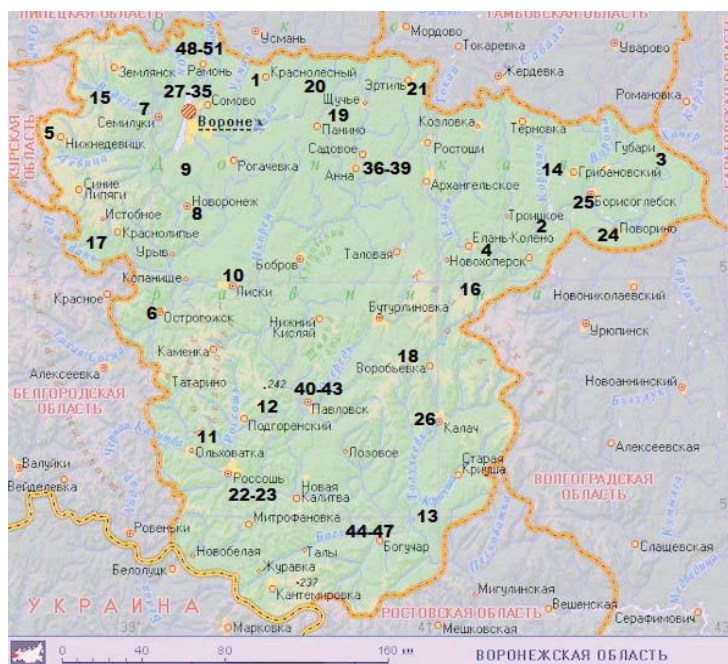
**Цель исследования** – изучение загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере полыни горькой, собранной в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

#### Материалы и методы

Сбор лекарственного растительного сырья проводили согласно требованиям по заготовке: в период цветения полыни горькой в сухую солнечную погоду, срезая секатором на расстоянии 30–40 см от верхушки растения.

Выбор районов для сбора образцов на территории Воронежской области обусловлен особенностями воздействия человека (рисунок): химические промышленные предприятия (23, 24, 28); теплоэлектростанция (ТЭЦ) (27); атомная электростанция (АЭС) в г. Нововоронеж (8); международный аэропорт им. Петра I (30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); Воронежское водохранилище (29); малые города (г. Борисоглебск (25), г. Калач (26)); зона значительного месторождения никелевых руд (4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (5–7); районы активного ведения сельского хозяйства (10–22); фон (для сравнения) – заповедные территории (1–3)). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (33) – трасса А144 «Курск – Саратов», степная зона (34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (35) и железная дорога (36).

Анализ образцов лекарственного растительного сырья полыни горькой проводился на аналитическом комплексе на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [4]. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали в программе «Microsoft Excel». В образцах опре-



Карта отбора образцов (цифры расшифрованы в тексте)  
Sampling card (numbers deciphered in text)



деляли концентрацию наиболее токсичных элементов: свинца, мышьяка, ртути, кадмия, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди.

### Результаты и их обсуждение

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в отобранных образцах полыни горькой представлено в таблице.

Содержание элементов так называемой «страшной тройцы» – свинца, ртути, кадмия в отобранных образцах лекарственного растительного сырья полыни горькой не превышает установленных фармакопейной статьёй норм [4].

Так, особенно низким оказалось содержание ртути в изучаемых образцах, которое варьировало от 0,002 до 0,009 мг/кг. При этом концентрация ртути в почвах исследуемых районов в десятки раз больше – от 0,01 до 0,24 мг/кг [6]. Известно, что в почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами, а потому не всасываются корневой системой растения. Также низкое содержание фитотоксичной ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов [7, 8].

Концентрация свинца в изучаемых образцах варьировала от 0,21 (в образце, собранном в Ольховатском районе) до 2,04 мг/кг (в образце, собранном вдоль трассы М4 в Рамонском районе). Содержание элемента в почвах районов, в которых производился сбор образцов, отмечено на уровне от 1,71 до 34,57 мг/кг [6]. Вероятно, низкий уровень накопления свинца в надземной части полыни горькой связан с тем, что его соединения в почве малорастворимы, что ограничивает биодоступность металла для растения. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения. Стоит также отметить, что для агробиоценозов отмечены менее значительные концентрации свинца в лекарственном растительном сырье полыни горькой (0,21–0,80 мг/кг), для урбобиоценозов – более значительные. При этом наибольшие концентрации металла (более 1,0 мг/кг) отмечены для образцов, собранных вблизи химических предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), в городах с развитой инфраструктурой (Борисоглебск, Воронеж), вдоль и на удалении 100–200 м от крупных автотрасс, вдоль железной дороги. В связи с этим можно предположить значительное аэрозольное загрязнение свинцом полыни горькой, собранной в урбобиоценозах [7–10].

Концентрация кадмия в исследуемом сырье варьировала от 0,02 мг/кг (в образце заповедной зоны) до 0,56 мг/кг (в образце, собранном вдоль трассы М4 в Рамонском районе). Содержание кадмия в почве исследуемых районов составило 0,02–0,72 мг/кг [6]. При этом для образцов, собранных в условиях заповедных территорий и агробиоценозов, характерно низкое накопление кадмия – его концентрация в сырье не превышает 0,13 мг/кг. Образцы, собранные в условиях урбобиоценозов (на улицах городов Воронеж, Калач, Борисоглебск, вблизи крупных автомобильных трасс и железной дороги, вблизи промышленных предприятий), содержат более высокие концентрации данного металла – более 0,2 мг/кг. Кадмий является главным блокатором основных ферментных и антиоксидантных систем в растении, вероятно, у полыни горькой в процессе эволюции выработался механизм физиологической регуляции всасывания и проведения соединений данного металла по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом. При этом более высокие концентрации кадмия в образцах, собранных в урбобиоценозах, можно связать с аэрозольным загрязнением надземной части растения токсичным металлом [2, 8, 11, 12].

Содержание мышьяка оказалось превышающим предельно допустимую концентрацию в 12 образцах полыни горькой (в образцах, собранных вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», ООО «Сибур», вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», на улице города Воронежа и вдоль Воронежского водохранилища, вблизи аэропорта, вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 и от железной дороги в Рамонском районе, вдоль трассы А144). При этом концентрация мышьяка в исследуемых образцах варьировала от 0,20 до 1,20 мг/кг, а в верхних слоях почв исследуемых районов гораздо значительнее – от 0,55 до 3,81 мг/кг [6]. Известно, что соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк – малодоступный для растений элемент. С увеличением содержания его соединений в почве возможно развитие токсического действия на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста. Поэтому можно предположить наличие у полыни горькой биохимических механизмов, препятствующих накоплению мышьяка. Более высокие концентрации, в том числе все, превышающие нормы, установленные нормативными документами, отмечены



Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах лекарственного сырья полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.)  
Heavy metal and arsenic content of medicinal vegetal raw materials of bitter wormwood (*Artemisia absinthium* L.)

№	Район сбора / Area of collecting	Валовое содержание элемента, мг/кг / Gross element content, mg/kg										
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn		
1	Воронежский биосферный заповедник / Voronezh biosphere reserve	0,32	0,005	0,03	0,34	0,93	0,65	0,24	12,69	25,63		
2	Хоперский заповедник / Khopyor reserve	0,26	0,004	0,02	0,22	1,32	0,58	0,31	19,10	28,05		
3	Борисоглебский р-н / Borisoglebsk district	0,28	0,005	0,04	0,20	0,72	0,87	0,20	15,47	23,75		
4	с. Елань-Колено / village of Elan-Koleno	0,42	0,005	0,05	0,39	1,92	0,40	0,26	12,64	26,98		
5	с. Нижнедевицк / village of Nizhnedevitsk	0,52	0,006	0,07	0,31	0,83	0,52	0,35	15,64	19,00		
6	г. Острогожск / city of Ostrogzhsk	0,47	0,006	0,05	0,43	2,74	1,38	0,41	16,39	36,42		
7	г. Семилуки / city of Semiluki	0,60	0,004	0,08	0,45	1,53	0,99	0,27	21,85	39,61		
8	г. Нововоронеж / city of Novovoronezh	0,43	0,005	0,11	0,32	0,87	0,70	0,31	15,75	21,25		
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) / High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	0,74	0,006	0,13	0,37	1,64	1,52	0,25	21,00	48,92		
10	Лисинский р-н / Liskinsky district	0,57	0,006	0,02	0,41	0,65	0,59	0,36	23,67	19,47		
11	Ольховатский р-н / Olkhovatsky district	0,21	0,005	0,09	0,43	2,45	0,68	0,30	18,64	34,17		
12	Подгоренский р-н / Podgorensky district	0,39	0,007	0,10	0,46	3,90	0,75	0,42	24,90	25,19		
13	Петропавловский р-н / Peter and Paul district	0,61	0,007	0,14	0,31	0,90	1,36	0,47	33,51	31,70		
14	Грибановский р-н / Gribanovsky district	0,49	0,005	0,09	0,48	3,63	0,50	0,21	24,09	42,84		
15	Хохольский р-н / Hokholsky district	0,37	0,006	0,13	0,40	3,96	0,65	0,18	19,06	37,13		
16	Новохоперский р-н / New Khopyor district	0,29	0,006	0,07	0,45	2,57	1,39	0,15	15,89	28,00		
17	Репьевский р-н / Rypievsky district	0,62	0,007	0,09	0,47	2,95	0,87	0,26	23,03	31,09		
18	Воробьевский р-н / Vorobyevsky district	0,36	0,009	0,05	0,30	2,46	0,92	0,19	30,55	16,98		
19	Панинский р-н / Paninsky district	0,53	0,008	0,15	0,39	3,24	1,35	0,29	15,97	37,10		
20	Верхнехавский р-н / Verkhnekhavsky district	0,73	0,006	0,16	0,43	1,67	0,82	0,20	19,69	32,65		
21	г. Эртиль / city of Ertil	0,80	0,007	0,05	0,35	3,12	0,23	0,15	23,85	42,50		
22	Россошанский р-н / Rossosh district	0,45	0,008	0,12	0,46	3,44	0,79	0,36	22,07	36,27		
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) / Near OJSC «Minudobriya» (city of Rossoch)	0,62	0,009	0,41	<b>0,96</b>	4,21	3,98	0,57	36,54	115,36		
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) / Near LLC «Bormash» (city of Povorino)	1,79	0,009	0,31	<b>1,20</b>	5,24	2,97	0,42	45,37	87,43		
25	г. Борисоглебск / city of Borisoglebsk	1,22	0,008	0,26	0,47	2,45	1,84	0,64	26,96	72,94		
26	г. Калач / city of Kalach	0,93	0,009	0,13	0,45	3,74	2,12	0,41	21,08	59,21		
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) / Near «VOGRES» Thermal Power Plant (city of Voronezh)	0,52	0,009	0,56	<b>0,90</b>	2,21	2,56	0,72	18,32	87,26		



Окончание таблицы / The end of the table

№	Район сбора / Area of collecting	Валовое содержание элемента, мг/кг / Gross element content, mg/kg										
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn		
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) / Near LLC "Sibur" (city of Voronezh)	0,85	0,009	0,32	<b>0,57</b>	1,93	2,62	0,51	25,70	96,49		
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) / Along the reservoir (city of Voronezh)	0,71	0,006	0,02	<b>0,52</b>	2,34	0,82	0,16	16,92	32,50		
30	Вблизи аэропорта / Near the airport	0,95	0,007	0,09	<b>0,55</b>	3,08	1,28	0,31	19,49	28,38		
31	Улица г. Воронежа (ул. Ленинградская) / city of Voronezh Street (Leningrad Str.)	1,71	0,007	0,54	<b>0,63</b>	2,61	2,86	0,97	42,86	101,64		
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) / Along the M4 route (Ramon district)	2,04	0,007	0,56	<b>0,73</b>	4,23	2,15	1,16	37,86	81,07		
33	100 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 100 m from M4 Route (Ramon District)	0,75	0,008	0,42	<b>0,65</b>	4,10	1,80	0,53	21,96	59,29		
34	200 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 200 m from M4 Route (Ramon District)	0,54	0,008	0,12	0,43	2,61	0,72	0,26	18,51	36,64		
35	300 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 300 m from M4 Route (Ramon District)	0,54	0,008	0,09	0,41	2,10	0,84	0,17	18,05	32,61		
36	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) / Along the А144 route (Anna district)	1,46	0,009	0,30	<b>0,54</b>	2,96	1,74	0,95	29,50	80,20		
37	100 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 100 m from the route А144 (Anna district)	0,81	0,009	0,20	0,42	2,88	1,65	0,72	21,87	63,86		
38	200 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 200 m from the route А144 (Anna district)	0,51	0,007	0,18	0,34	2,46	1,12	0,46	16,89	62,97		
39	300 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 300 m from the route А144 (Anna district)	0,50	0,007	0,09	0,31	2,01	0,75	0,23	15,20	60,27		
40	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) / Along the М4 route (Pavlovsk district)	1,84	0,007	0,40	0,42	4,42	1,41	0,83	32,94	91,48		
41	100 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 100 m from the М4 route (Pavlovsky district)	1,04	0,007	0,32	0,41	3,64	1,05	0,61	28,29	80,49		
42	200 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 200 m from the М4 route (Pavlovsky district)	0,54	0,007	0,23	0,31	3,05	0,84	0,49	21,05	64,18		
43	300 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 300 m from the М4 route (Pavlovsky district)	0,38	0,007	0,12	0,24	2,36	0,91	0,25	17,84	52,85		
44	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) / Along the non-high-speed road (Boguchar district)	0,97	0,009	0,16	0,42	1,23	0,64	0,39	18,72	39,15		
45	100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 100 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,66	0,008	0,09	0,36	1,20	0,72	0,21	13,75	44,71		
46	200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 200 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,68	0,007	0,03	0,31	1,13	0,54	0,32	17,80	41,59		
47	300 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 300 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,56	0,007	0,08	0,31	1,13	0,64	0,28	16,16	35,90		
48	Вдоль железной дороги / Along the railroad	1,32	0,009	0,28	<b>0,68</b>	4,26	0,85	0,60	42,82	69,39		
49	100 м от железной дороги / 100 m from the railroad	1,10	0,009	0,13	<b>0,59</b>	4,23	0,64	0,31	21,98	52,10		
50	200 м от железной дороги / 200 m from the railroad	0,73	0,007	0,15	0,43	2,13	0,54	0,26	18,05	52,70		
51	300 м от железной дороги / 300 m from the railroad	0,67	0,007	0,10	0,39	1,24	0,59	0,32	17,05	51,64		
Среднее содержание элемента в сырье / Average element content of raw material		0,73	0,007	0,17	0,46	2,52	1,17	0,40	22,53	49,39		
Предельно допустимая концентрация / Threshold limit value		6,0	0,1	1,0	0,5	—						



для образцов урбобиоценозов и вновь могут быть связаны с аэрозольным загрязнением надземной части растения токсичным элементом [2, 8, 11].

Концентрация остальных исследуемых элементов в лекарственном растительном сырье в настоящее время не нормируется, при этом для них описаны токсические для человека и растения свойства, и их содержание сильно варьирует в изучаемых образцах.

Минимальная концентрация никеля в лекарственном растительном сырье полыни горькой (0,72 мг/кг) отмечена для образца, собранного на территории Хоперского заповедника в Борисоглебском районе, максимальная (5,24 мг/кг) – в образце сырья, произраставшего вблизи ООО «Бормаш» в Поворинском районе. Концентрация никеля в почвах изучаемых территорий варьировала от 2,23 до 98,25 мг/кг [6]. Никель находится в почве преимущественно в виде растворимых соединений, однако накопление никеля в лекарственном растительном сырье полыни горькой можно отнести к незначительному. В больших концентрациях никель оказывает токсическое действие на растительный организм, способствует угнетению процессов фотосинтеза и транспирации. Вероятно, у полыни горькой выработался физиологический барьер к накоплению никеля в высоких концентрациях. При этом более высокие концентрации (более 4 мг/кг) элемента отмечены в образцах, произрастающих в урбобиоценозах области (вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 и от железной дороги в Рамонском районе, вдоль трассы М4 в Рамонском районе), что, вероятно, связано со значительным вкладом аэрозольного пути загрязнения сырья [8, 11, 13].

Хром и кобальт также относятся к элементам незначительного накопления в лекарственном растительном сырье полыни горькой. Содержание хрома в анализируемых образцах варьирует от 0,58 (в образце, собранном в Хоперском заповеднике в Новохоперском районе области) до 3,98 мг/кг (в образце, собранном вблизи химического предприятия ОАО «Минудобрения»). Для образцов сырья, собранных в условиях агробиоценозов, концентрация хрома не превышает 1,52 мг/кг. Концентрация хрома в верхних слоях почв рассматриваемых территорий принимала значения от 2,53 до 45,16 мг/кг. Хром фитотоксичен, что проявляется в повреждении корней растения, а также увядании его надземной части, хлорозе молодых листьев. Вероятно, накопление данного металла блокируется растением на биохимическом уровне, что

является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания [2, 8, 14].

Минимальная концентрация кобальта в анализируемом сырье (0,21 мг/кг) отмечена для образца полыни горькой, произраставшего в Грибановском районе, максимальная (1,16 мг/кг) для образца, собранного вдоль трассы М4 в Рамонском районе. Концентрация кобальта в почвах области гораздо значительнее – от 1,84 до 21,78 мг/кг [6]. В образцах контрольных территорий и агробиоценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла, чем для образцов урбанизированных территорий, что при низком уровне накопления элемента в сырье может доказывать дополнительное аэрозольное загрязнение сырья [13, 15, 16].

Полынь горькая проявляет активные накопительные способности в отношении меди и цинка. Так, концентрация меди в исследуемых образцах варьирует от 12,69 (в образце, произраставшем в Воронежском биосферном заповеднике) до 45,37 мг/кг (в образце, собранном вдоль трассы М4 в Рамонском районе) при среднем значении содержания металла в растении 22,53 мг/кг. Содержание меди в верхних слоях почв изучаемых территорий изменялось от 3,30 до 65,38 мг/кг при среднем 23,25 мг/кг [6]. В ряде (в 20 из 51) образцов сырья полыни горькой, особенно произраставших на контрольных территориях и в условиях агробиоценозов, концентрация данного элемента в сырье выше (в некоторых случаях в 2–4 раза), чем в почвах соответствующих районов. Медь – физиологически важный элемент, участвует в процессе фотосинтеза, активизирует углеводный и азотный обмен, повышает сопротивляемость растительного организма к инфекционным заболеваниям, увеличивает засухоустойчивость [5, 12, 17, 18].

Среднее содержание цинка в изученных образцах лекарственного растительного сырья полыни горькой – 49,39 мг/кг. Минимальная его концентрация (19,00 мг/кг) отмечена для образца сырья из Нижнедевицкого района, максимальная (115,36 мг/кг) – для образца, собранного вблизи химического предприятия ОАО «Минудобрения». Содержание цинка в верхних слоях почв области варьировало от 9,58 до 154,45 мг/кг при среднем значении по региону 52,69 мг/кг [6]. В трети изученных образцов (в 17 из 51) концентрация металла в сырье полыни горькой оказалась выше, чем в почве мест произрастания. Вероятно, это связано со значительной физиологической потребностью растения в данном элементе. Так, цинк активизирует более 300 ферментов, участвует в образовании хлорофилла, является составной



частью более 40 ферментов, активизирует метаболизм углеводов, протеинов, фосфатов, повышает устойчивость к патогенам, жаро- и засухоустойчивость. Для цинка, как и для меди, заметных физиологических барьеров накопления элементов из почв лекарственным растительным сырьем полыни горькой не отмечено: при повышении концентрации металла в почве содержание его в лекарственном растительном сырье также заметно увеличивалось [2, 8, 12, 18].

### Заключение

Были проанализированы свыше 50 образцов лекарственного растительного сырья полыни горькой, собранной в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет содержания тяжелых металлов и мышьяка. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в сырье полыни горькой, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в растении, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, полынь горькая способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк). На основании этого можно предполагать, что для полыни горькой в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, формирующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что возможно значительное загрязнение данного сырья аэрозольным путем (в частности, свинцом, кадмием, никелем, хромом, кобальтом), что важно учитывать при планировании мест заготовки данного лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

### Список литературы

1. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник ВГУ. Сер. Химия, Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 148–154.
2. 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) // Вестн. Камчат. техн. гос. ун-та. 2019. № 48. С. 71–77. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 2. М.: ФЭМБ, 2018. 1423 с.
4. Понн Я. И., Бокова Т. И. Содержание меди в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестн. Омск. гос. аграр. ун-та. 2016. № 3. С. 100–107.
5. Зайцева М. В., Кравченко А. Л., Стекольников Ю. А., Сотников В. А. Тяжелые металлы в системе почва–растение в условиях загрязнения // Учен. зап. Орл. гос. ун-та. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. 2013. № 3. С. 190–192.
6. Дьякова Н. А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Вестн. ИРГСХА. 2019. № 95. С. 19–30.
7. Семенова И. Н., Сингизова Г. Ш., Зулкарнаев А. Б., Ильбулова Г. Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (дата обращения: 10.02.2020).
8. Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф., Петрова Г. В., Шайхутдинова А. А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами // Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та. 2012. № 1. С. 230–234.
9. Rai A., Kulshreshtha K. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2006. Vol. 4. P. 253–259.
10. Шугабаева Г. Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Экология и природопользование. 2015. № 1. С. 92–102.
11. Понн Я. И., Бокова Т. И. Содержание кадмия в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестн. КрасГАУ. 2017. № 3. С. 105–113.
12. Понн Я. И., Бокова Т. И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестн. Новосиб. гос. аграр. ун-та. 2017. № 1. С. 84–92.
13. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. // Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 1979. № 6. S. 769–777.
14. Sharma D. S., Chatterjee C., Sharma C. P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism // Plant. Sci. 1995. № 2. P. 145–151.
15. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants // Environ Health Perspect. 1978. December, № 27. P. 149–159.
16. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun // Poland Polish Journal of Environmental Studies. 2000. Vol. 9, № 6. P. 511–515.



17. Speak A. F., Rothwell J. J., Lindley S. J., Smith C. L. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city // *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 61. P. 283–293.
18. Gupta G. P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U. C. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi // *Aerosol and Air Quality Research*. 2016. № 16. P. 2920–2932.

#### Образец для цитирования:

Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем полыни горькой // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 445–453. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453>

#### Accumulation of Heavy Metals and Arsenic by Medicinal Plant Raw Material of Bitter Hollow

N. A. Dyakova

Nina A. Dyakova, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>, Voronezh State University, 1 University pl., Voronezh 394006, Russia, Ninochka\_V89@mail.ru

The Voronezh region is traditionally the most important area of crop production and farming. The purpose of the study was to study the contamination by heavy metals of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region using the example of grass of the bitter emery collected in urban and agro-ecological systems, which experience various anthropogenic effects. The accumulations of heavy metals (lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic were studied, in 51 samples of pooh grass bitter. Comparing the data on heavy metal content in the upper soil layers of the region and the content of these elements in the grass of the pollen bitter, it can be assumed that there are significant physiological barriers to the accumulation of ecotoxicants in the generative organs of the plant, which is particularly noticeable for elements such as lead, mercury, arsenic, cadmium, cobalt and chromium. Pollen bitter is able to selectively concentrate some heavy metals entering the active centers of enzyme systems (such as copper and zinc). Thus, for a moon bitter under anthropogenic load conditions, an edaphotype is formed, which is formed as a result of the action of selection in conditions of man-made pollution of the external environment and is a manifestation of adaptation to these conditions. The results of the studies showed that the grass of the bitter emery is able to accumulate toxic elements from the soil, which is important in planning the places of production of medicinal vegetable raw materials and assessing their quality.

**Keywords:** Voronezh region, wormwood bitter, lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chrome.

Received: 29.04.2020 / Accepted: 08.05.2020 / Published: 30.11.2020

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

#### References

1. Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Comparison of features of accumulation of the basic toxic elements flowers of a linden heart-shaped and tansies ordinary. *VSU Bulletin. Ser. Chemistry, Biology, Pharmacy*, 2017, no. 1, pp. 148–154 (in Russian).
2. Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Study of accumulation of heavy metals and arsenic and assessment of the influence of pollutants on the content of flavonoids in *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae). *Journal of Kamchatka Technical State University*, 2019, no. 48, pp. 71–77 (in Russian). DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77
3. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State pharmacopeia of the Russian Federation, ed. XIV]. Moscow, FEMB Publ., 2018, vol. 2. 1423 p. (in Russian).
4. Popp Y. I., Bokova T. I. Copper content in medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and Obi. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, 2016, no. 3, pp. 100–107 (in Russian).
5. Zaytseva M. V., Kravchenko A. L., Stekol'nikov Y. A., Sotnikov V. A. Heavy metals in a system the soil plant in the conditions of pollution. *Scientists Notes of Oryol State University. Series: Natural, Technical and Medical Sciences*, 2013, no. 3, pp. 190–192 (in Russian).
6. Dyakova N. A. Assessment of contamination by heavy metals of upper soil layers of urban and agro-ecosystems of the Central Black Earth. *Journal of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 95, pp. 19–30 (in Russian).
7. Semenova I. N., Singizova G. S., Zulkaranaev A. B., Il'bulova G. S. Effects of copper and lead on plant growth and development as exemplified by *Anethum graveolens* L. *Modern Problems of Science and Education*, 2015, no. 3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (accessed 10 February 2020) (in Russian).
8. Nemereshina O. N., Gusev N. F., Petrova G. V., Shajhutdinova A. A. Some aspects of adaptation of *Polygonum aviculare* L. to pollution of the soil heavy metals. *News of the Orenburg State Agrarian University*, 2012, no. 1, pp. 230–234 (in Russian).
9. Rai A., Kulshreshtha K. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2006, vol. 4, pp. 253–259.
10. Shigabayeva G. N. Heavy metals in soils of some districts of Tyumen. *Bulletin of the Tyumen State University. Ecology and environmental management*, 2015, no. 1 (2), pp. 92–102 (in Russian).
11. Popp Y. I., Bokova T. I. Cadmium content in medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and





- Obi. *Journal of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2017, no. 3, pp. 105–113 (in Russian).
12. Popp Y. I., Bokova T. I. Content of zinc, copper and cadmium in various types of medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and Obi. *Journal of Novosibirsk State Agrarian University*, 2017, no. 1, pp. 84–92 (in Russian).
  13. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolum vulgare* L. *Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde*, 1979, no. 6, pp. 769–777.
  14. Sharma D. S., Chatterjee C., Sharma C. P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. *Plant. Sci.*, 1995, no. 2, pp. 145–151.
  15. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environ Health Perspect*, 1978, December, no. 27, pp. 149–159.
  16. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun. *Poland Polish Journal of Environmental Studies*, 2000, vol. 9, no. 6, pp. 511–515.
  17. Speak A. F., Rothwell J. J., Lindley S. J., Smith C. L. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, 2012, vol. 61, pp. 283–293.
  18. Gupta G. P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U. C. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi. *Aerosol and Air Quality Research*, 2016, no. 16, pp. 2920–2932.

---

**Cite this article as:**

Dyakova N. A. Accumulation of Heavy Metals and Arsenic by Medicinal Plant Raw Material of Bitter Hollow. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 445–453 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453>

---